مناهج البحث العلمي

تأليف

عبد الرحمن بدوي

الطبعة الثالثة

١٩٧٧

الناشر: وكالة المطبوعات
شارع فهد السالم - الكويت

المنهج[1]

١ — معنى الكلمة :

هذا اللفظ ترجمة للكلمة méthode الفرنسية ونظائرها فى اللغات الأوربية الأخرى . وكلها تعود فى النهاية إلى الكلمة اليونانية μέθοδος ، وهى كلمة نرى أفلاطون يستعملها بمعنى البحث أو النظر أو المعرفة ، كما نجدها كذلك عند أرسطو أحياناً كثيرة بمعنى «بحث» . والمعنى الاشتقاقى الأصلى لها يدل على الطريق أو المنهج المؤدى إلى الغرض المطلوب ، خلال المصاعب والعقبات .

ولكنه لم يأخذ معناه الحالى ، أى بمعنى أنه طائفة من القواعد العامة المصوغة من أجل الوصول إلى الحقيقة فى العلم ، إلا ابتداء من عصر النهضة الأوربية . ففى هذه الفترة نرى المناطقة يعنون بمسألة المنهج ، كجزء من أجزاء المنطق : فمثلا نرى مولينا ونونيث Molina, Nuñez يهتمان به ؛ ونجد فصلا طويلا عن المنهج فى كتاب زبرله Zabarella (سنة ١٥٧٨) عن « المنطق » ؛ وكذلك لدى أوستاش دى سان بول Eustache de Saint-Paul . مؤلف كتاب « خلاصة فيان » Somme du Feuillant المكتوب سنة ١٦٠٩ .

غير أن هذه محاولات لا تزال غامضة . أما المحاولة الواضحة فى ذلك العصر ، عصر النهضة ، فهى تلك التى قام بها راموس Ramus (سنة ١٥١٥ — ١٥٧٢)

---

(١) مراجع :

Claude Bernard : *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*

De la Méthode dans les Sciences, 2 séries, 1920.

A. Lalande : *Les théories de l'induction et de l'expérimentation.*

L. Rougier : *La structure de théories déductives.*

فقد قسم المنطق إلى أربعة أقسام : التصور ، والحكم ، والبرهان ، والمنهج . والمنهج قد طالب بدراسته فى آثار أصحاب البلاغة والعلم والرياضة . على أن راموس لم ينته إلى تحديد منهج دقيق للعلوم ، بل عنى خصوصاً بالمنهج فى البلاغة والأدب ، شأنه شأن رجال عصر النهضة ، ولم يهتم بالملاحظة والتجربة إلى درجة كافية ، لكنه على كل حال صاحب الفضل فى لفت النظر إلى أهمية المنهج ، مما وجد له صدى واسعاً فى بيئة ذلك العصر ، ثم فى العصر التالى مباشرة عند مناطقة بور رويال وديكارت . والعلة فى أنه لم يسر طويلا فى طريق تكوينه المنهج الصحيح أنه كان أقرب إلى الأدب منه إلى العلم ، فلم يكن فزيائياً ، ولو أنه كان رياضياً .

وهنا ، أعنى فى القرن السابع عشر ، تمت الخطوة الحاسمة فى سبيل تكوين المنهج . فبيكون فى كتابه « الأورغانون الجديد » Novum Organum (سنة ١٦٢٠) صاغ قواعد المنهج التجريبى بكل وضوح . وديكارت حاول أن يكتشف المنهج المؤدى إلى حسن السير بالعقل ، والبحث عن الحقيقة فى العلوم كما يدل على ذلك نفس عنوان كتابة « مقال فى المنهج » (سنة ١٦٣٧) . وأتى أصحاب « منطق بور رويال » (الطبعة الأولى سنة ١٦٦٢) فعنوا بتحديد المنهج بكل وضوح ، وجعلوه القسم الرابع من منطقهم هذا .

حدّ أصحاب هذا المنطق المنهج بأنه « فن التنظيم الصحيح لسلسلة من الأفكار العديدة ، إما من أجل الكشف عن الحقيقة ، حين نكون بها جاهلين ؛ أو من أجل البرهنة عليها للآخرين ، حين نكون بها عارفين » . فثمة إذن نوعان من المنهج : أحدهما للكشف عن الحقيقة ، ويسمى التحليل أو منهج الحل ، ويمكن أن يدعى أيضاً منهج الاختراع ؛ والآخر ، وهو الخاص بتعليمها للآخرين بعد أن نكون قد اكتشفناها ، يسمى بالتركيب أو منهج التأليف ، ويمكن أن

تدعوه أيضاً « منهج المذهب » (طبعة إميل شارل ، ص ٣٦٥ ، باريس سنة ١٨٧٨) . وللاحظ على هذا التعريف للمنهج أنه ناقص ، إذ هو لا يكاد يتحدث إلا عن الأفكار ، لا عن الوقائع والقوانين ، كما لاحظ إميل شارل (الموضع نفسه ، تعليق) . وما هذا إلا لأنهم عنوا بالمنهج الرياضي الاستدلالي ، دون المنهج التجريبي أو التاريخي . ولذا لا نرى في حديثهم كلاماً عن العلوم الفزيائية ، بل اقتصر الأمر تقريباً على الرياضيات والهندسة بوجه خاص .

بيد أن من الممكن ، بإضافة منطق بيكون إلى منطق پور رويال ، أن نقول إن المنهج الاستدلالي والمنهج التجريبي قد تكوّنا في القرن السابع عشر بصورة واضحة .

وبذا تكونت فكرة المنهج بالمعنى الاصطلاحي المستعمل اليوم ابتداءً من ذلك التاريخ . ومعناه إذن : الطريق المؤدي إلى الكشف عن الحقيقة في العلوم ، بواسطة طائفة من القواعد العامة تهيمن على سير العقل وتحدد عملياته حتى يصل إلى نتيجة معلومة .

٢ — أنواع المنهج :

والمنهج مفهوماً على هذا النحو ، قد يكون مرسوماً من قبل بطريقة تأملية مقصودة ، وقد يكون نوعاً من السير الطبيعي للعقل لم تُحدد أصوله سابقاً . ذلك أن الإنسان في تفكيره قد ينظم أفكاره ويرتبها فيما بينها حتى تتأدى إلى المطلوب على أيسر وجه وأحسنه ، على نحو طبيعي تلقائي ليس فيه تحديد ولا تأمل قواعد معلومة من قبل . فهذا منهج أيضا ، ولكنه منهج تلقائي . أما إذا تأملنا في المنهج الذي سرنا عليه في تحصيلنا لمعارفنا العلمية ، وحاولنا أن نحدد قواعده ونسن له قوانينه ونتبين أوجه الخطأ والانحراف من أوجه الصواب والاستقامة ، ثم كونا

من هذا كله طائفة من القواعد العامة الكلية التى تُخضع لها فى المستقبل طرائق بحثنا ، فإن المنهج يكون منهجاً عقلياً تأملياً .

فكأن لدينا إذن نوعين من المنهج : منهجاً تلقائياً ، وآخر تأملياً . وواضح أن هذا الأخير هو الذى يمكن أن يكون موضوعاً لعلم ، هو هنا المنطق ، لأنه يقوم على التأمل والشعور ، لا على التلقائية واللاشعور غير الواضح . ولهذا فإننا سنستعمل المنهج كموضوع لجزء من المنطق ، بهذا المعنى الأخير . وهو فعلا المعنى الشائع المفهوم عادة ، حين التحدث عن البحث المنهجى ، أو السير على منهج . وإن كان هذا يجب ألا ينسينا أن المنهج التأملى يقوم فى الأصل على المنهج التلقائى . وتلك مسألة ستتضح بعد قليل عند الكلام عن تكوين علم المناهج ، فإنها ليست من الوضوح كما يبدو لأول وهلة .

٣ — علم المناهج :

والعلم الباحث فى المنهج أو المناهج التأملية يسمى علم المناهج .

وإذا كان المنهج كما رأينا هو البرنامج الذى يحدد لنا السبيل للوصول إلى الحقيقة أو الطريق المؤدى إلى الكشف عن الحقيقة فى العلوم ، فإن من الممكن أن نفهم هذا اللفظ بمعنى عام ، فتدخل تحته كل طريقة تؤدى إلى غرض معلوم نريد تحصيله : فثمت على هذا الاعتبار منهج للتعلم ، ومنهج للقراءة ؛ وثمت أيضاً منهج للوصول إلى نتائج مادية ، كما هى الحال فى العلوم العملية . ففى الطب مثلا يوجد منهجان : المنهج الوقائى من الجراثيم ، aseptique ، والمنهج العلاجى من الجراثيم antiseptique . وللتربية منهج ، وللدراسات على اختلافها مناهج .

ولكن المنهج كما نريده هنا لا يطلق بهذا المعنى العام ، بل يجب قصره على الطريق المؤدى إلى الكشف عن الحقيقة فى العلوم النظرية . وتبعاً لاختلاف

هذه العلوم ، تختلف المناهج ؛ ولكنها يمكن أن ترد إلى منهجين هما الاستدلال والتجريب ، يضاف إليهما منهج ثالث خاص بالعلوم الأخلاقية أو التاريخية هو منهج الاسترداد .

والعلم الباحث فى هذه المناهج الثلاثة خصوصاً يسمى علم المناهج . فهو العلم الباحث فى الطرق المستخدمة فى العلوم للوصول إلى الحقيقة .

وكلمة Méthodologie ترجع خصوصاً إلى كَنْت . فقد قسم المنطق إلى قسمين: مذهب المبادىء ، وموضوعه شروط المعرفة الصحيحة ، وعلم المناهج الذى يحدد الشكل العام لكل علم ، والطريقة التى بها تكوَّن أى علم كان . وإلى جانب علم المناهج العام هذا ، توجد علوم مناهج جزئية تختلف تبعاً للعلوم ، ومهمة كل منها أن يحدد العمليات الواجب اتباعها فى دراسته .

٤ — تكوين هذا العلم :

ولما كان هذا العلم يبحث فى المناهج التى يتبعها العلماء فى أبحاثهم من أجل الوصول إلى الحقيقة كلٌ فى ميدانه ، فإنه لا يمكن أن يتكون إلا بالنظر فى السبل التى سلكها هؤلاء العلماء أنفسهم . ومن هنا قامت مشكلة عظيمة تتصل بتكوين هذا العلم : ما نصيب العالم المتخصص ، وما نصيب الفيلسوف فى هذا التكوين ؟ وهى مشكلة قد أثيرت فى أواخر القرن الماضى بعد أن وضعها فى شكلها الحاسم كلود برنار .

قال كلود برنار إن المناهج لا يمكن أن تدرس نظرياً كقواعد عامة يفرض على العالم بعد أن يسير وفقاً لها . إنما تتكون فى داخل المعمل ، الذى هو معبد العلم الحقيق ، وإبان الاتصال المباشر بالوقائع والتجارب العملية . « ذلك أن هذه العمليات والمناهج العملية لا تتعلم إلا فى المعامل ، حيث يكون القائم بالتجريب

فى اشتباك مع مشاكل الطبيعة ؛ فهاهنا يجب أن نوجه الشباب أولا . أما التأريخ والنقد العلمى فمن شأن السن الناضجة . ولا يمكن أن ينتجا نتائج ذات قيمة إلا بعد أن يكون المرء قد بدأ يحصل العلم فى معبده الحقيق ، أعنى فى المعمل . ولا بد للمجرب أن تختلف عمليات البرهان لديه إلى غير نهاية ، وفقاً للعلوم المختلفة ... إن روح صاحب التاريخ الطبيعى ليست هى بعينها روح صاحب علم وظائف الأعضاء ، ورح الكيمائى لبست روح الفزيائى . . . والتعاليم النافعة هى وحدها تلك الصادرة عن التفاصيل الخاصة بالممارسة التجريبية فى علم معين بالذات . لقد أردت أن أعطى فى هذا المدخل فكرة دقيقة قدر المستطاع عن علم وظائف الأعضاء والطب التجريبي . ومع ذلك فأنا أبعد ما أكون من الادعاء أنى قدمت قواعد وتعاليم يجب أن تتبع بطريقة دقيقة متقنة . . . لقد أوردت شواهد علمية ، ولكنى احتطت جيداً فى ألا أعطى تفسيرات نافلة وفى ألا أضع قاعدة واحدة مطلقة ، لأنى أعتقد أن مهمة الاستاذ هى أن يقصر نفسه على أن يبين للتلميذ بوضوح الغاية التى يستهدفها العلم ، وأن يبين له كل الوسائل التى فى وسعه من أجل بلوغه وتحصيله ... إلا أن العلوم لا تتقدم إلا بالأفكار الجديدة وبالقوة المبدعة للروح» («المدخل لدراسة الطب التجريبى» ، القسم الثالث ، الفصل الرابع ، ص ٣٩٤ — ص ٣٩٦) .

أما هؤلاء الفلاسفة الذين حاولوا أن يقدموا تعاليم عامة يجب على العالم اتباعها فى بحثه فلم يفيدوا شيئاً فى تقدم العلوم الخاصة . حقاً إن أبحاثهم قد بدت فى أول الأمر مغرية لأولئك الذين لا ينظرون إلى العلم إلا عن بعد ؛ ولكنها ليست بذات فائدة إطلاقاً للعلماء الحقيقيين ، كما أنها أضلت هؤلاء الذين يريدون الإقبال على تحصيل العلم ، بإظهارها الأمر على حال من البساطة الزائفة ؛ وإلى جانب هذا كله قد أثقلت العقل بخليط من التعاليم والقواعد الغامضة أو غير القابلة للتطبيق ،

مما يجب أن يبادر الإنسان إلى نسيانه إذا أراد أن يدخل فى ميدان العلم ويصير مجرباً حقاً .

والملامح الرئيسية فى رأى كلود برنار هذا هى أولا : أن العلم لا يحصل إلا فى المعمل ووفقاً للحاجة العلمية ؛ وثانياً أن العلم يجب ألا يسبق فى ذهن العالم بمذهب فلسفى معين يسير وفقاً له فى أبحاثه ؛ وثالثاً أن المناهج تختلف باختلاف العلوم ، لأن روح هذا العالم الفزيائى ، غيرُ روح ذلك العالم الكيميائى ، وليس ثمة بالتالى منهج واحد للبحث فى العلوم كلها أو فى طائفة منها بأكملها . والنتيجة لهذا إذن ، أن تكوين المناهج ليس من مهمة الفيلسوف ، لأنه لا يستطيع إلا أن يقدم منهجاً عاماً ، فضلاً عن أنه ليس على اتصال مباشر بالعلم فى معبده الحقيقى وهو المعمل : إلى جانب كونه متأثراً بمذهب خاص يتحكم فى تقديراته وتوجيهاته .

ورأى كلود برنار هذا صحيح فى مضمونه العام . فليس لصاحب المنطق أن يفرض قواعد وتعاليم معينة على العالم المتخصص . وذلك أولاً لاختلاف فروع العلم اختلافاً يجعل من المستحيل تقريباً أن نعطى قاعدة عامة لكل العلماء فى مختلف فروع العلم ؛ وثانياً تنوع العمليات تبعاً للأحوال الخاصة موضع الدرس ، مما يجعل التعميم أكثر صعوبة وأدعى إلى نقصان الفائدة المرجوة . والشاهد على هذا أن العلم لم يتقدم شيئاً بالنصائح الجزئية التى قدمها بيكون أو استيورت مل .

ولكن هل معنى هذا أن تكوين المناهج من شأن العالم وحده ؟ كلا ؛ فإن العالم المتخصص المغلق عليه فى ميدان محدود لا يستطيع أن يتبين الروابط الجامعة بين الميادين المختلفة للعلم ، مع أن العلوم تتشابك فى مناهجها بالضرورة ، نظراً إلى وحدة العقل الإنسانى ، إلى حد كبير على الأقل . فلا بد إذن من أن يأتى شخص غير متخصص فى علم واحد بالذات ، ويحاول ، باستقرائه للمناهج التى اتبعها العلماء

المختلفون فى مياتيهم المختلفة ، أن يستخلص النماذج العامة للمناهج العلمية وأن ينحو نحو شىء من التعميم حتى يضع صورة إجماليه عامة للمناهج التى يتّبعها العقل الإنسانى فى تحصيله للحقيقة فى العلوم . وهذا الشخص لايمكن إلا أن يكون المنطقى ، إذ هو وحده القادر على الجمع بين مختلف الميادين فى نظرة واحدة شاملة تهيىء له أن يدرك الملامح العامة والخصائص الكلية المشتركة بين المناهج المتبعة فى فروع العلم المتعددة . وفى هـذا المعنى يقول ڤُنت : « إن مناهج البحث وثيقة الارتباط باطنياً فى تطبيقاتها العلمية ، إلى درجة أنه لاتوجد مشكلة مركبة لاتشارك جميعاً فى حلها . وليس الأمر هنا مقصوراً على رابطة التتالى فى الترتيب بمعنى ... أن المنهج التالى يفترض مقدماً منهجاً سابقاً ، بل تدخل (المناهج) اللاحقة فى تلك السابقة كذلك » (المنطق ، ج ٢ ، اشتتجرت سنة ١٩٠٧ ، ص ٣٨) .

فعمل التنسيق بين المناهج عمل ضرورى لا بالنسبة إلى الفيلسوف الذى يبحث فى تطور العقل الإنسانى وفى ملكاته فى مختلف مظاهر النشاط التى يعمل بها فحسب ، بل وأيضاً بالنسبة إلى العالم المتخصص نفسه . والدليل على هذا أن كلود برنار نفسه قد قدم لنا فى كتابه هذا نظاماً من التعاليم والقواعد العامة التى لا تقتصر على علم الطب التجريبى أو علم وظائف الأعضاء بل تصلح لكى يستفيد منها العالم الفزيائى والعالم الكيميائى الخ ، حتى كان لهذا الكتاب أثر فى تقدم المناهج العلمية والدراسة العلمية فى أواخر القرن الماضى ، بل وأوائل هذا القرن ، مما دعا برجسون إلى نعت هذا الكتاب بأنه «مقال عن المنهج» للقرن التاسع عشر . ومعنى هذا أن من الحكمة ، حتى من وجهة نظر كلود برنار نفسه ، أن يستفيد العالم المتخصص من التعاليم العامة التى توجه إليه من العلوم الأخرى فيما يتصل بالمنهج العامى .

والمشكلة الحقيقية التى يثيرها كلود برنار هى تلك التى أوردناها فى أول هذه

الفقرة وهى : هل الفيلسوف أو العالم هو الذى يضع القواعد للمناهج العلمية ؟ وهى مسألة لا تتنافى مع فكرة التنسيق . ونرى نحن أن مهمة الفيلسوف لا تتنافى هنا مع مهمة العالم ، لأنها خطوة تليها . فالواجب أن يبدأ العالم المتخصص فيرشدنا إلى المنهج الذى اتبعه فى أبحاثه وأن يقدم لنا تقريراً مفصلاً عن الخطوات التى مرّ بها وهو بسبيل بحثه فى ميدانه الخاص ؛ ثم يأتى عالم آخر أوسع أفقاً وأميل إلى النظرة العامة ، أى يكون ذا نزعة فلسفية ، فيحاول أن ينسق بين هذه التقريرات التى قدمها العلماء المتخصصون كى يستخلص منها الخصائص العامة للمناهج المختلفة : ثم يأتى الفيلسوف المنطقى فى الدرجة الثالثة فيحاول إرجاع هذه المناهج إلى صفات ذاتية فى العقل الإنسانى ، محاولاً أن يصوغ النتائج التى وصل إليها السابق فى صيغ واضحة تنظم على هيئة مذهب فى العقل الإنسانى من حيث طبيعة اتجاهاته فى البحث عن الحقيقة . فالتقريرات التى كتبها باستير مثلا عن أبحاثه فى الجراثيم تصلح لأن تمثل الدرجة الأولى ؛ وكتاب ككتاب كلود برنار : «المدخل إلى دراسة الطب التجريبى» يمثل الدرجة الثانية التى فيها يقوم عالم بالنظر فى مناهج العلوم المختلفة وبخاصة تلك الوثيقة الصلة بعلمه الخاص . أما الدرجة الثالثة فهى مهمة المنطقى الذى ينظم تلك النتائج ويوفق بينها فى صورة عامة رابطاً إياها بطبيعة العقل الإنسانى نفسه : ويمثلها بيكون واستيورت مل وماخ الخ .

وواضح من هذا أنه ليس من وظيفة الفيلسوف المنطقى الباحث فى علم المناهج أن يعطى تعاليم ونصائح جزئية يفرض على العالم المتخصص اتباعها . بل كل ما يقدمه له إشارات عامة وتوجيهات كلية يدعوه إلى الاهتداء بها أثناء بحثه ؛ وليس فيها أى إثقال عليه أو خنق لروحه ، إذ لا يفرض عليه أن يتبعها كما هى ؛ بل للعالم المتخصص مطلق الحرية فى اتباعها أو عدم اتباعها أو تعديلها بما يتلاءم وموضوع بحثه الخاص . وعلى الفيلسوف أو المنطقى أن يفهم أن المناهج ليست

أشياء ثابتة ، بل هى تتغير وفقاً لمقتضيات العلم وأدواته ، ويجب أن تكون قابلة للتعديل المستمر حتى تستطيع أن تفى بمطالب العلم المتجددة ، وإلا كانت عبثاً ومصدراً للضرر . فكما يرى اربان Urban لا يوجد منهج لا يفقد فى النهاية خصوبته الأولى ؛ بل لا بد أن توجد لحظة فيها يشعر المرء بأنه ليس من الفائدة أن يبحث الإنسان عن الجديد على آثار القديم ، وبأن الروح العلمية لايمكن أن تتقدم إلا بإيجاد مناهج جديدة . وكل بحث فى المنهج العلمى هو بالضرورة بحث موقت ، لا يمكن أن يصف تركيباً نهائياً للعقل العلمى . والواقع أن المناهج العلمية لابد أن تعدّل ، بل وترفض من جيل إلى جيل ، إذا ماثبت عدم صلاحيتها. فإن التطبيق العلمى فى اختلاف باستمرار ، والمنهج بالتالى لابد أن يعدل على الدوام . والنتيجة لهذا إذن أن المناهج العلمية فى تغير ، وهذا التغير يتعين بتقدم العلم وحاجاته . وهذه أمور لايقدرها إلا العالم المتخصص أولا وبالذات ؛ فمرد الأمر فى النهاية إذن إلى العلماء المتخصصين . وما على الفيلسوف الباحث فى المناهج إلا أن يتابع مناهج العلماء المتخصصين وأن يستقريها لديهم ثم يحاول أن ينسّقها فى نماذج عامة ، ويربطها من بعد بطبيعة العقل الإنسانى ؛ وليس له إذن أن يقدم نصائح جزئية لهؤلاء ، بل توجيهات عامة لهم أن يأخذوا بها أو أن يستلهموها ، كما لهم أن يرفضوها .

وليس فى هذا حطٌّ من قَدْر مهمة الفيلسوف الباحث فى المناهج ، لأن مهمته الرئيسية أن يكشف عن الطرائق العامة التى يسلكها العقل الإنسانى فى بحثه عن الحقيقة بتأمله فى المناهج التى سار عليها العقل فى تحصيله للعلم فى مختلف فروع نشاطه .

٥ — أنواع المناهج :

ومع هذا فيجب ألا نغالى فى توكيد هذا الاختلاف فى مناهج العلوم تبعاً لاختلافها ، فإن وراء هذه المناهج كلها وحدة العقل الإنسانى . والحقيقة أن الفصل بين مختلف المناهج بالنسبة إلى أى علم من العلوم يكاد يكون مستحيلا ، حتى إن كلود برنار نفسه وهو الذى أكد التميز فى مناهج العلوم المختلفة ، قد حاول هو نفسه أن يرد المناهج إلى منهج واحد ، بمعنى أنه ليس من الممكن أن نفصل المناهج بعضها عن بعض فى تكوين العلم الواحد ، وقال بصراحة : « إنى لا أعتقد أن الاستقراء والاستدلال يكوّنان نوعين من البرهان متمايزين من حيث الجوهر . فإن فى عقل الإنسان ، بطبعه ، شعوراً أو فكرة عن مبدأ يحكم الأحوال الجزئية . ويسير دائما ، وعلى نحو غريزى ، من مبدأ أحرزه أو اخترعه بواسطة الفرض ؛ ولكنه لا يستطيع مطلقاً أن يسير فى البراهين إلا بواسطة الأقيسة ، أى بالسير من الكلى أو العام إلى الجزئى أو الخاص » (المدخل لدراسة الطب التجريبى » ق ١ ف ٢ § ٥ ص ٧٦) . إذ يرى أن الأمر هنا يتوقف على الموضوع الذى يشتغل فيه الباحث : فإذا كان يسير من مبادىء ثابتة معروفة إلى النتائج التى تتضمنها كان يسلك سبيل الاستدلال ؛ أما إذا كان بإزاء علاقات معقدة وأحوال متشابكة ، فإنه لا يستطيع أن يسير بيقين ، بل لا بد له من افتراض الفروض وتحقيقها من بعد بواسطة التجربة حتى يضمن صحة الخطوات التى يسير بها ، وهو فى هذه الحالة إنما يستخدم منهج الاستقراء . ويشبه الحالة الأولى بحالة من يسير فى أرض راسخة مستوية وفى طريق ممهد مستقيم يراه أمامه فى سعته بكل وضوح ، إلى غاية معلومة إلى حد ما ؛ كما يشبه الحالة الثانية بحالة من يمشى فى طريق ملتو مظلم وأرض وعرة مجهولة يخشى ما بها من مهاد وغيران ، فيضطر فى كل خطوة يخطوها إلى التأكد من أنه يضع قدمه على أرض ثابتة ، وهكذا

لا بد له من التحقق فى كل مرة بواسطة التجربة من أنه يسير فى طريق سليم . فلا فارق مثلا بين عالم التاريخ الطبيعي وبين الرياضى فى نقطة البدء عند البحث عن المبادىء : فكلاهما يستقرى ويفرض ويجرب من أجل أن يتبين صحة أفكاره . وإنما يبدأ الاختلاف بينهما بعد وصول كل إلى المبادىء : حينئذ تصير المبادىء عند الرياضى مطلقة ، لأنها لا تنطبق على الواقع الموضوعى كما هو ، ولكن على الروابط التى بين الأشياء منظوراً إليها فى أحوال بالغة البساطة يخلقها الرياضى فى ذهنه . وتبعاً لهذا لا يرى نفسه فى حاجة إلى الالتجاء إلى التجربة ، ولا إلى أى شىء آخر خارجى غير المبادىء التى بدأ بحثه منها ، بل يكفى أن يسير الاستدلال على قواعد المنطق لكى تكون النتائج صحيحة . أما عالم التاريخ الطبيعى فلا يستطيع أن يسير على هذا النحو ، لأن المبدأ الذى يصل إليه يظل دائماً مبدءاً موقوتاً ، نسبياً ، تحت رحمة التجارب الجديدة التى قد تؤدى إلى إلغائه واستبدال آخر به ، لأنه مبدأ قائم على روابط معقدة ، وبالتالى لا يوجد فيها يقين واضح . وإذا كان كذلك ، فإن الاستدلالات التى يقوم بها ابتداء منه ستكون هى الأخرى تحت رحمة التجارب الجديدة ، وبالتالى مشكوكا فيها وليست يقينية النتائج . وإنما يأتى لها اليقين من التجربة التى لا بد لنا أن نقوم بها فى كل خطوة حتى نتبين بوضوح صحة الخطوات التى نسير بها . « وهذا الاختلاف بين الرياضيين وعلماء التاريخ الطبيعى اختلاف رئيسى ، من ناحية يقين مبادئهم والنتائج المستخلصة منها ؛ ولكن تركيب البرهان الاستدلالى واحد تماماً بالنسبة إلى كلا الفريقين . فكلاهما يبدأ من قضية ؛ غير أن الرياضى يقول : ما دمنا نسلم بنقطة البدء هذه ، فإن هذه الحالة الجزئية تنتج عنها بالضرورة ؛ بينما عالم التاريخ الطبيعى يقول : إذا كانت نقطة البدء هذه صحيحة ، فإن هذه الحالة الجزئية يمكن أن تنتج عنها كنتيجة لها . فالرياضى والعالم الطبيعى حين يبدآن من مبدأ يستخدمان إذن كلاهما الاستدلال . إذ يبرهن كل منهما متخذاً سبيل القياس ؛ بيد أنه ، بالنسبة إلى العالم الطبيعى ،

هذا قياس تظل نتيجته مشكوكا فيها وتتطلب التحقيق ، لأن مبدأها غير مشعور به (غير يقيني) . وهذا هو البرهان التجريبي أو الشكي ، وهو وحده الذى نستطيع استخدامه حين نفكر فى الظواهر الطبيعية » (الموضع نفسه ، ص ٧٥ — ص ٧٦) .

والواقع أننا لا نستطيع أن نفصل بين المنهج الرياضى والمنهج التجريبي بالنسبة إلى الرياضيات أو إلى العلوم الطبيعية . فكل علم من هذه العلوم يلجأ إلى كلا المنهجين . فالرياضة تعتمد على المنهج التجريبى إلى جانب اعتمادها على المنهج الرياضى ؛ وأى علم من العلوم الطبيعية لا بد أن يلجأ إلى المنهج الرياضى . فهذه مسألة يؤكد لنا صحتها تاريخ الرياضة من ناحية ، وطريقة تكونها عند كل عالم من ناحية أخرى .

فكما سنرى من بعد عند كلامنا عن نشأة الرياضيات ، نجد أن العلوم الرياضية كانت فى نشأتها تجريبية . فالهندسة نشأت لدى البابليين تجريبية ، بمعنى أنها قامت على تجارب جزئية وملاحظات لأحوال خاصة عمّم مدلولها ؛ فقد شاهد البابليون بالملاحظة أن ضلع المسدس المنتظم يساوى الشعاع ؛ والمساحون فى طيبة قد لاحظوا أن المثلث الذى تكون نسب أضلاعه ٣ : ٤ : ٥ هو مثلث قائم الزاوية . ومن هذه الملاحظات أقام الرياضيون اليونانيون الهندسة النظرية . بل ليس الأمر فى هذا مقصوراً على الرياضيات فى العصر القديم ، بل وأيضاً فى العصر الحديث نجد أن جاليليو لم يستطع تقدير مساحة شبه الدائرى cycloïde إلا بواسطة التجربة بأن وزن قطعتين من مادة وسمك واحد فوجد أن مساحته ثلاثة أمثال مساحة الدائرة المولدة ؛ وأويلر قد اكتشف بطريقة تجريبية أن كل عدد زوجى هو حاصل جمع عددين أوليين . وكثير من القضايا الجديدة فى الرياضيات قد وضعت بناء على الملاحظة خصوصاً فى نظرية الأعداد .

بل ليس الأمر مقصوراً على الملاحظة والتجربة ، بل وفى فرض الفروض كذلك ؛ فإن الرياضى يقوم بتخيل مسائل جديدة ، لا يعرف الغاية منها فى بادىء الأمر ، فيظل ينتظر النتائج كالفزيائى سواء بسواء .

ومن هذا نرى أن الرياضى يلجأ أيضاً إلى المنهج التجريبى . والأمر أظهر فى احتياج العالم الفزيائى إلى المنهج الرياضى ؛ إذ هو ينحو نحو اكتشاف قوانين عامة يصوغها فى صيغ رياضية يستخـــدمها من بعد فى استخراج النتائج الخاصة بالأحوال الجزئية .

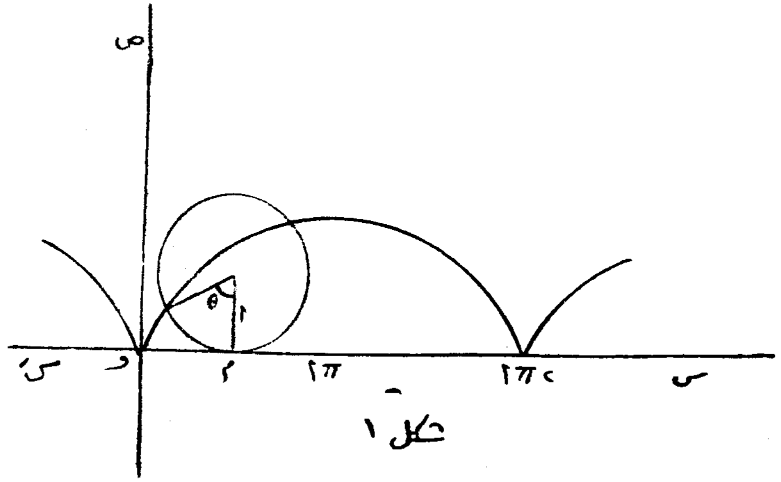
والعالم الطبيعى يلجأ إلى جانب هذا إلى المنهج الاستردادى . ففى علم كالجيولوجيا خصوصاً ، يحاول أن يكشف التطورات التى مرت بها القشرة الأرضية منذ أقدم العصور ، وذلك اعتماداً على الآثار المختلفة التى خلفتها العصور الجيولوجية المتباينة فى تلك القشرة . وهو فى هذا إنما يسير على نفس المنهج الذى يسلكه المؤرخ فى المنهج الاستردادى : لأن المؤرخ يقوم هو الآخر بتتبع الآثار المتخلفة عن عصر كى يسترد حال هذا العصر كما كانت . ومنهج الإحصاء المستخدم خصوصاً فى علم الإحصاء يستخدم كذلك فى علم الكيمياء فى حصرنا للعناصر ومحاولتنا تصنيفها . وهذا يدل على أن المنهج الاستردادى يسير أحياناً جنباً إلى جنب مع المنهج التجريبى .

والنتيجة لهذا إذن أن الفصل بين المناهج العلمية غير ممكن فى البحث العلمى ؛ ولكننا نقوم بهذا التقسيم للمناهج من أجل دراستها فحسب . وعلينـــا إذن أن نراعى تلك الوحدة ، وأن لا نعد هذا التقسيم تقسيما مطلقاً . فهى كلها فى الواقع خطوات مختلفة فى منهج واحد عام ، قد نسير بها كلها بالنسبة إلى مسألة واحدة فى علم واحـد . ولنأخذ مثلاً لهذا تقدير مساحة شبه الدائرى ؛ فإننا فى تقـديرنا لمساحته لجأنا أولا كما فعل جاليليو إلى التجربة ، ثم أتى روبر فال فى سنة ١٦٣٤

فوجد مساحته بطريقة رياضية ، وأخيراً جاء پسكال لحل المسائل المتصلة بهذا المنحنى فى رسالته عن شبه الدائرى التى كتبها سنة ١٦٥٨ . ولهذا التقدير لمساحته تاريخ طويل قبل جاليليو ، ومن جاليليو فى سنة ١٦٣٠ حتى روبرفال سنة ١٦٣٤ ثم فرما Fermat بعد ذلك بقليل ثم پسكال فى سنة ١٦٥٨ ، ومن بعده أتى واليس Wallis فى السنة التالية لحل كل المسائل المتعلقة به فيما عدا تلك الخاصة بمركز الكتلة . وهذا التاريخ مفيد لنا فى بحثنا فى نظرية شبه الدائرى ، وهو تاريخ نصل إليه عن طريق منهج الاسترداد . ومن هذا نرى أنه من الممكن أن تتدخل المناهج الثلاثة الرئيسية فى حل مسألة واحدة فى علم معين ؛ مما يدل على أن الفصل بين المناهج غير ممكن عملياً[1] .

---

(١) وهاك رسماً لشبه الدائرى ومعادلاته :



(الشكل رقم ١)

معادلات شبه الدائرى البرمترية هى :

س = ا (θ — جيب θ) ، ص = ا (١ — جيب تمام θ)

حيث θ هى الزاوية التى يولدها نصف قطر الدائرة

و ا هى نصف قطر الدائرة

=

ونحن نقول المناهج الثلاثة الرئيسية ، والواقع أن عدد المناهج لا يكاد ينحصر . ففى داخل كل علم عدة مناهج ، بل إنه لمن المستحسن أحياناً أن نستعمل مناهج خاصة لمسائل جزئية فى داخل العلم الواحد . غير أنه من المستحسن أيضاً أن نرد هذه المناهج العديدة إلى مناهج نموذجية قليلة تُفرَّع عليها المناهج الجزئية الأخرى ، مناهج نموذجية نستطيع فى نهاية الأمر حصرها فى ثلاثة أو أربعة :

١ — المنهج الاستدلالى أو الرياضى وهو الذى نسير فيه من مبدأ إلى قضايا تنتج عنه بالضرورة دون التجاء إلى التجربة ، وهو منهج العلوم الرياضية خصوصاً :

٢ — المنهج التجريبى ويشمل الملاحظة والتجربة معاً وهو الذى نبدأ فيه من جزئيات أو مبادىء غير يقينية تماماً ونسير منها معمين حتى نصل إلى قضايا

الجيب = sine = $\frac{\text{المقابل}}{\text{الوتر}}$ المقابل للزاوية ا

جيب التمام = cosine = $\frac{\text{المجاور}}{\text{الوتر}}$

المماس = tangent = $\frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}}$

قاطع التمام = cosecant = عكس الجيب

القاطع = secant = عكس جيب التمام

ظل التمام = cotangent = عكس المماس

أما مساحة أى قوس من شبه الدائرى فتساوى : ٣ π ا٢

وطول أى قوس من شبه الدائرى يساوى : ٨ ا

حيث ا هى نصف قطر الدائرة المدارة

المعادلات البرمترية : المنحنى المستوى يمثل عادة بمعادلة واحدة ذات متغيرين يمثلان إحداثيات متعامدة أو إحداثيات قطبية . وفى بعض الأحيان يستحسن تمثيل المنحنى بمعادلتين تعبران عن الإحداثيات منفصلة ، بمعونة متغير ثالث يسمى البرمتر ؛ وحينئذ تسمى هذه المعادلات بـ « المعادلات البرمترية » . ويمكن أيضاً إيجاد معادلات برمترية للسطوح والمنحنيات الفراغة .

عامة ، لاجئين فى كل خطوة إلى التجربة كى تضمن لنا صحة الاستنتاج ؛ وهو منهج العلوم الطبيعية على وجه التخصيص ؛

٣ — المنهج الاستردادى أو المنهج التاريخى وهو الذى نقوم فيه باسترداد الماضى تبعاً لما تركه من آثار ، أياً كان نوع هذه الآثار ؛ وهو المنهج المستخدم فى العلوم التاريخية والأخلاقية .

٤ — ونستطيع أن نضيف إليها منهجاً رابعاً هو المنهج الجدلى الذى يحدد منهج التناظر والتحاور فى الجماعات العلمية أو فى المناقشات العلمية على اختلافها . ولا يمكن هذا المنهج أن يأتى بثمار حقيقية إلا إذا أسعدته المناهج الثلاثة السابقة .

الباب الأول

المنهج الاستدلالي

الفصل الأول

تطور العلوم الرياضية(١)

٦ — كل معرفة تبدأ من الحس ، وتتطور من المحسوسات إلى المجردات . والمعرفة الرياضية ، ولو أنها تبدو كأنها مجردة بطبعها ، فإنها هي الأخرى قد تطورت على هذا النحو كذلك .

وأول ما يدرك من المحسوس هو الامتداد ؛ ولذا كانت الهندسة أول العلوم الرياضية في النشأة . والآثار الأولى التي لدينا عن فكرة الامتداد لدى الأقدمين تكاد ترجع إلى حوالي سنة ١٠٠٠٠ قبل الميلاد ، وذلك في تلك الرسوم التي نراها في كهوف عصر الرنة ، والتي تعطينا فكرة عن المحاكاة . غير أن هذه الرسوم لا تكشف لنا عن فكرة واضحة في المكان ،

---

(١) مراجع في فلسفة الرياضيات :

L. Brunschvicg : *Les étapes de la philosophie mathématique*, 2e éd., 1922, Paris.

Phil. Chaslin : *Essai sur le mécanisme psychologique des opérations de la mathématique pure*, Paris 1926, pp. 271.

Dubislav : *Die Philosophie der Mathematik in der Gegenwart*, Berlin 1932, pp. 88.

L. Fischer : *Die Grundlagen der Philosophie und der Mathematik*, Leipzig, 1933, pp. 180.

J. Pacotte : *La Pensée mathématique contemporaine*, Paris, 1925, pp. 126.

P. Boutroux : *L'Idéal scientifique des Mathématiciens*, Paris, 1920, pp. 274.

Hilbert & Bernays : *Grundlagen der Mathematik*, Berlin 1934. pp. 471.

إذ تنقصها جميعاً فكرة المنظور ؛ ولكنها تمثل مع ذلك درجة من التجريد ، لأنها تتجرد عن الحجوم الأصلية للأشياء الطبيعية ، وتقتصر على النسب بين أجزائها .

ثم نرى بعد ذلك عند المصريين خطوة واسعة جداً فى سبيل التجريد : فقد تطورت فكرة المحاكاة إلى درجة من الدقة الكبيرة ، وروعيت النسب بين الأجزاء بطريقة بالغة فى الضبط والدقة ، خصوصاً وأنهم عنوا بالمساحة لمعرفة الحدود بين الأراضى بعد الفيضان ، مما أدى بهم إلى الاشتغال بمسائل الهندسة ، ولو بطريقة عملية . كذلك عنى البابليون بدراسة ما يتصل بالنجوم من أجل قياس الزمان والاسترشاد فى الملاحة بالكواكب ، مما أدى بهم أيضاً إلى عدد غير قليل من الحقائق الهندسية[١] .

والهندسة فى هذا الدور كله كانت حسية مرتبطة بالموضوعات الخارجية ، والحقائق التى وصلت إليها ضئيلة عملية غير دقيقة . فالبابليون والعبريون[٢] قد عرفوا أن النسبة بين المحيط والقطر تساوى ٣ ؛ والمصريون قالوا إن مساحة المثلث هى حاصل ضرب نصف الضلع الأكبر فى الضلع الأصغر . كل هذا دون أن يقدموا عن هذه القضايا الهندسية أية برهنة عقلية ، بل اعتمدوا على التجربة العملية وحدها فى الوصول إليها . والصينيون والمصريون[٣] قد عرفوا كذلك

---

(١) للتذكرة :

النسبة بين المحيط والقطر هى $\frac{22}{7}$ أى ط π

مساحة الدائرة : ط نق^2

طول المحيط : ٢ ط نق

مساحة المثلث : القاعدة × نصف الارتفاع

(٢) الملوك الأول ، أصحاح ٧ ، آية ٢٣ ؛ الأخبار الثانى ، أصحاح ٤ ، آية ٢

(٣) فيما يتعلق بالهندسة عند المصريين راجع : =

خاصية الوتر فى المثلث القائم الزاوية ، ولكنها معرفة تجريبية كذلك حصلوها بواسطة الملاحظة .

أما فكرة العدد فقد تأخرت قليلا فى تكوينها عن فكرة المكان . ومع هذا فإننا نراها فى أزمنة متقدمة جداً . بل أكثر من هذا نراها عند بعض الحيوانات العليا ؛ فالتجارب التى قام بها رومانس Romanès دلت على أن الشمپانزى يستطيع العدحتى ٥ وأن يميز بين الكلمات التى تدل على ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ ، وأن يقدم عدد أعواد الحشيش الذى يطلب إليه تقديمه . والرجل البدائى يلجأ إلى طريقة مشابهة فى العد لطريقة الشمپانزى ، وهى أن يستخدم أشياء مادية لا يستطيع بغيرهام القيام بهذه العملية ، خصوصاً أصابع اليد ، ولعل هذا هو الأصل فى النظام العشرى المستعمل فى العد الآن ، فإن أصابع اليد عشرة . ولذا نراه يربط العدد باليد الواحدة إذا كان خمسة ، وباليدين إذا كان عشرة ، وبالرجل الكامل إذا كان ٢٠ لأنه يستخدم أيضاً القدمين .

أما فكرة العدد المجرد ، فلا زالت تعوزه بعد . ذلك أن العدد المجرد تقتضى فكرته أن تكون لدى المرء فكرة أولاً عن « الوحدة » ، وثانياً عن « المجموعة » .

أما فكرة « الوحدة » فقد فسر أصلها علماء النفس على أنحاء عدة . فبعضهم قال إنها ترجع إلى كيفية معينة للادراك الخارجى أو الباطن يتخذها المرء دون غيرها ؛ قال عنها فريق إنها اللمس ، فحيث يوجد ملاء وخلاء ، يوجد انفصال ،

A. Eisenlohr : *Ein mathematisches Handbuch der alten Aegypter*, 2.A. Leipzig, 1891 ;

G. Cantor : *Vorlesungen über die Geschichte der Mathematik*, chap. ii ;

J. Gow : *A. short history of Greek Mathematics*, Cambridge, 1884, arts. 75, 76 ;

E. Weyr : *Die Geometrie der alten Aegypter*, Wien. 1884.

والانفصال يدل على الكثرة ، والكثرة تعطى فكرة الانتقال من وَحدة إلى أخرى ، أى فكرة العد . وفريق آخر قال إن كيفية الإدراك هنا هى الإبصار ، فإن إدراك الصور الحسية التى تحدث فى وقت واحد ، يمكِّن من إدراك فراغ بينها ، وبالتالى يعطى فكرة الكثرة ، وتبعاً لهذه ، فكرة العد . وفريق ثالث جعل هذا راجعاً إلى السمع : وذلك أننا نميز بين أصوات متتالية تفصل بينها وبين بعض فتراتُ سكون ، وهذا يعطى فكرة الكثرة والوحدة .

وهناك طائفة أخرى من علماء النفس تعزو فكرة الوحدة إلى التجربة الباطنة ، فالشعور بوحدة الذات هو الأصل فى الشعور بفكرة الوحدة الرياضية . وواضح أن هذا رأى غير وجيه ، لأن الشعور بأن الذات وحدةٌ لا يأتى إلا بعد تقدم فكرى طويل .

ولكن جاء وليم جيمس ففسر الأصل فى هذه الفكرة بطريقة أقرب إلى الصواب فقال : «يبدو أن العدد يدل فى أصله على الأفعال المختلفة لانتباهنا حين نحاول التمييز بين الأشياء . فهذه الأفعال تبقى فى الذاكرة على هيئة مجموعات ، كبيرة أو صغيرة ، يمكن أن يقارن بين بعضها وبعض » (علم النفس ، ترجمة فرنسية ، جـ ٢ ، ص ٢٦٣) . فكأن فكرة الوحدة تنشأ إذن من التجريد الذى نجريه ونحن نعزل أفعال الانتباه بعضها عن بعض . ولكنها لا تأتى واضحة ، بل لا بد من تطور طويل حتى نصل إلى إدراك فكرة الوحدة المجردة كما يفهمها الرياضيون ، حتى إن هذه الفكرة لا تزال حتى اليوم ، وبعد كل هذا التطور فى فهم أصول الرياضة ، غامضة بعض الشىء ، أو موضوعاً للنقاش .

ونحن قد رأينا فى هذا أن فكرة الوحدة قد تكونت فى نفس الآن الذى وجدت فيه فكرة الكثرة ، والواقع أن الفكرتين متضايفتان . وهما إذا ما جمعتا أعطيتا فكرة العدد ، لأن العدد مجموعة من الوحدات ، والعد هو تجميع عدة

وحدات بطريقة دقيقة . والعد يكون أصلياً إذا كان المطلوب معرفة عدد الوحدات التى تتضمنها مجموعة ما ، ويكون ترتيبياً ordinal إذا كان المطلوب ، إلى جانب هذا ، ترتيب كل الحدود المكونة للمجموعة ، بوضع كل حد فى مرتبة معلومة . ويبدو أن فكرة العدد الأصلى Cardinal قد سبقت فكرة العدد الترتيبى ، لأن هذه أكثر تعقيداً .

وفكرة الكثرة تأتى هى الأخرى عن التجربة الحسية ، وترتبط بها فى مراتبها البدائية ، إذ بينت التجارب التى قام بها بينه Binet أننا لو وضعنا أمام طفلة عمرها أربع سنوات لا تعرف العد ولا القراءة مجموعتين إحداهما من ١٥ عوداً ، والأخرى من ١٨ عوداً من طول واحد ، موضوعة على مسافة واحدة ، فإن الطفلة تميز بسرعة المجموعة الكبرى من الصغرى . أما إذا كانت الأعواد التى تكون الكبرى أقصر من تلك التى تكون الصغرى ، فإن الطفلة تخطىء دائماً ، فتظن أن المجموعة ذات الأعواد الأطول حجماً أكبر من تلك التى تكون فيها الأعواد أقصر . وهذا يدل على أن الطفلة تقدر العدد تبعاً للامتداد ، لا تبعاً للعدد ، أى تبعاً للمقدار المتصل ، لا وفقاً للمقدار المنفصل . وهذه النتيجة تتأيد أيضاً بما نشاهده لدى البدائيين من أنهم يربطون الأعداد دائماً بأشياء ممتدة مثل الأصابع أو القطع الخشبية .

وأصول الحساب قد تطورت على هذا الأساس ، فكانت فى البدء حسية تخيلية تقوم على أساس إضافة أشياء مادية بعضها إلى بعض . ولم تظهر عملية الضرب إلا متأخراً ، وكان الجمع يقوم مقامها .

فنحن إذا تتبعنا هذا التطور ، وجدنا أن العمليات الأولى التى يمكن إجراؤها على الأعداد قد قام بها المصريون والكلدانيون والفينيقيون . ولكن طريقة العد

لديهم كانت لا تزال قاصرة ، إذ كانت لا تكاد تتجاوز المقادير التي نلاقيها في التجارب العملية ؛ والعمليات التي يجرونها على الأعداد تتصل هي الأخرى بما يشاهد في التجربة وبالموضوعات الحسية . فإننا نجد حتى الرومانيين أنفسهم يستعينون في العد بالحصى . وعند المصريين لم يكن يعرف من الكسور إلا ما يكون البسط فيه العدد واحد ، فيما عدا $\frac{٢}{٣}$ ، $\frac{٣}{٤}$ ؛ لأن تقسيم شيء إلى أجزاء سهل يسير ؛ ولكن عملية الجمع والطرح والضرب والقسمة بواسطة كسور الوحدة تحتاج إلى ملكة للتجريد كبيرة . ولذا نرى في ورقة البردى الهيراطيقية المعروفة باسم ورقة أحمس — نسبة إلى كاتبها ، وهي ترجع إلى أكثر من ألف سنة قبل الميلاد — أن الجزء الأول من هذه الورقة قد كرّس لرد الكسور التي على الصورة $\frac{٢}{٢ع + ١}$ إلى مجموع من الكسور البسط في كل منها هو العدد واحد ؛ فأحمس يقول مثلا إن $\frac{٢}{٢٩}$ هو حاصل جمع $\frac{١}{٢٤}$ ، $\frac{١}{٥٨}$ ، $\frac{١}{١٧٤}$ ، $\frac{١}{٢٣٢}$ ؛ وفي كل الأمثلة يكون ع أقل من ٥٠ [1] . ويظهر أنه قد اعتمد في تكوين الكسور على التجريب وحده ، لأنه لا يذكر لنا القاعدة التي سار عليها في استخراج الإجابة عن المسائل التي وضعها . ومن هذا يشاهد كذلك أنهم كانوا يحاولون رد الكسور دائماً إلى كسور بسطها ١ ، ثم يجمعونها بعد ذلك ؛ وهي طريقة استمر يستخدمها اليونانيون أيضاً حتى القرن السادس الميلادي . أما الرومانيون فقد استعملوا طريقة كالتي نستعملها اليوم في جمع الكسور ، وهي طريقة توحيد المقامات : إذ كانوا غالباً يوحدونها ويجعلونها مساوية للعدد ١٢ ، ويعبرون عن الكسر بالتقريب على أساس $\frac{١}{١٢}$.

---

(١) $\frac{٢}{٢٩} = ٠٫٠٦٨٩٦٥٥$

$\frac{١}{٢٤} + \frac{١}{٥٨} + \frac{١}{١٧٤} + \frac{١}{٢٣٢} = ٠٫٠٦٨٩٦٦٤$

والعمليات الحسابية كانت أيضاً عند المصريين مقصورة تقريباً على الجمع والطرح . فالضرب قد رد إلى الجمع ؛ والقسمة ردت إلى الطرح . فحين يراد مثلا ضرب عدد وليكن ا في العدد ١٣ فإنه يبدأ بضربه في ٢ وذلك بإضافة مثيله إليه ، فيصل إلى ١٢ ، ثم يضاعف الناتج فيصبح ١٤ ، ويضاعف مرة أخرى فينتج لديه ١٨ ، وأخيراً يجمع ١ ، ١٤ ، ١٨ . أما القسمة فليس من الثابت يقيناً أنها تجرى بتكرار عملية الطرح ، لأن أحمس لا يذكر لنا ذلك صراحة .

كما كان لدى قدماء المصريين ، بشهادة ورقة أحمس هذه ، فكرة عن الرموز . فالكمية المجهولة تمثل دائماً بالرمز الدال على الكومة ؛ والجمع يمثل أحياناً بزوج من الأرجل يسير متقدماً ، والطرح بزوج من الأرجل يسير متقهقراً أو بطيران أسهم ؛ والتساوى يرمز إليه بالعلامة[1] < .

وعلى الرغم من أن النتائج التى وصلت إليها الرياضيات المصرية عظيمة فى بعض الأحيان ، فإن خلو الوثائق التى لدينا من كل إشارة إلى القواعد النظرية التى تستخرج بها هذه النتائج تبرر الحكم الذى أصدره عليها اليونانيون حين نعتوها بأنها طائفة من الوصفات النفعية والوسائل العملية ، غير القائمة على قواعد نظرية مما لم يجعل المصريين يصلون إلى وضع « علم » الحساب بمعنى الكلمة ، « لأن علم الحساب يفترض — وهذا ما يبدو أن المصريين لم يدركوه فى الواقع — العدد وقد صار بنفسه موضوعاً للامتثال وأخذ بصراحة على أنه أساس نظام من البراهين المنتظمة »[2] .

---

(١) راجع روز بول : «عرض موجز لتاريخ الرياضيات» ، ص٣ — ٥ ، لندن سنة ١٩٤٠ (ط ١ سنة ١٨٨٨) .

W. W. Rouse Ball : *A short account of the History of Mathematics.*

(٢) ليون برنشفج : مراحل الفلسفة الرياضية . ط ٢ باريس سنة ١٩٢٢ ، ص ٣١ .

٧ — والنتيجة التى نستخلصها من هذا العرض لتطور الرياضيات فى مرحلتها الأولى هى أن الرياضيات كانت فى ذلك الدور طائفة من الملاحظات والوصفات التجريبية المرتبطة تمام الارتباط بالامتثال الحسى والعيان التجريبى ، وأنها لم تبلغ بعد درجة التجريد الكافية لكى تكون علماً نظرياً . ولذا تسمى هذه المرحلة بالدور السابق على الأدوار العلمية .

ويمكن أن نعلل ذلك أولا من ناحية التقدم العقلى ، وثانياً من ناحية الغاية المطلوبة منها فى ذلك الحين . فمن الناحيـــة الأولى يلاحظ أن إدراك العدد كموضوع مجرد عن الأشياء المعدودة يحتاج إلى ملكة للتجريد كبيرة لم تتهيأ بعد لهذه الشعوب فى تلك الفترة : إذ المعرفة كما قلنا تبدأ من المحسوس وتطور منه إلى المجرد ، والعقل لم يكن قد تطور بعد بدرجة كافية يتهيأ له معها أن يصل إلى هذا التجريد . والأمر كذلك بالنسبة إلى الهندسة النظرية ، فإنها تقوم على إدراك النسب المجردة عن كل تصوير حسى معين ، وهـــذا يحتاج كذلك إلى ملكة للتجريد نامية .

ومن ناحية أخرى يلاحظ أن الرياضيات كانت تطلب حينئذ لتحقيق فائدة عملية محدودة ، هى التجارة والصناعة الفنية : والمهم حينئذ سيكون الوصول إلى نتائج عملية ، لا البحث عن الأسس النظرية . فالحساب كان يطلب ليستعان به فى تداول السلع : والهندسة كان الغرض منها إيجاد وسيلة لمساحة الأراضى : والفلك كان ينشد لبيان الاتجاهات وقياس الزمان . وإذا كانت تلك هى الغاية من الرياضيات فمن الطبيعى ألا تقوم كعلم نظرى ، لأن هذا لا يتم إيجاده إلا إذا تنزه عن الغاية العملية ، ولو موقتاً ، كى ينصرف إلى البحث فى الأسس النظرية .

فالرياضيات إذن قد تطورت ، كما يقول أبل ريه « Abel Rey » من العينى إلى المجرد ، ومن العيان التجريبى إلى التركيب العقلى ، ومن الوقائع الجزئية إلى

الإدراك المجرد لما بينها من نسب ، ومن البحث النفعي إلى البحث الدقيق النزيه . وها هنا مسألة عما إذا كانت الرياضيات ، إبان هذا التطور ، قد تغيرت إلى درجة أنها قطعت كل صلة بينها وبين أصولها التجريبية ، أو إذا كانت لاتزال تحتفظ بشيء يربطها بخطواتها الأولى . وهي مسألة تكوّن مشكلة المثالية والتجريبية في الرياضيات ، فالنزعة الأولى تقول بالحل الأول ، والثانية بالثاني » (« دروس في الفلسفة » ، ج ٢ ، ص ٤٠ — ٤١ ، باريس سنة ١٩٢٥) .

٨ — الدور العلمي عند اليونان :

إنما أصبحت الرياضيات علماً بالمعنى الحقيقي عند اليونانيين . إذ تتميز عندهم بأنها أولا : نظرية ، بمعنى أن القاعدة والبرهان في استخراج النتائج يذكران ويوضحان بطريقة عقلية منطقية ابتداءً من مبادىء يستخرج منها كل ما تسمح باستنتاجه منها : ثانياً : مجردة ، فبعد أن كانت مرتبطة بالأشياء المحسوسة من سطوح أو خطوط أو معدودات نراها تبحث في الروابط المجردة الموجودة بين الموضوعات المحسوسة ، بصرف النظر عن الموضوعات نفسها ، وهذا أضفى عليها طابعاً كلياً عاماً . ولكن هذا ليس معناه أن الرياضيات عندهم ، وبخاصة الهندسة ، قد قطعت صلتها بالتجربة الحسية ، بل كل ما في الأمر أنها سارت شوطاً بعيداً في سبيل التجريد . والميزة الثالثة التي هي نتيجة للميزتين الأوليين أن الرياضة قد أصبحت علماً عقلياً ، إذ قامت على أساس الارتباط العقلي الضروري بين قضايا بعضها وبعض تستخرج بواسطة الاستدلال المنطقي الخالص الذي لا يكاد أن يستعين بالتجربة إلا من أجل التوضيح وتيسير الفهم فحسب .

والصورة العليا للرياضيات اليونانية نراها في كتاب «أصول الهندسة» لإقليدس ؛ فهو كتاب يتضمن عرضاً منظماً للقضايا الرئيسية في الهندسة العددية الأولية (فيما

عدا القطاعات المخروطية) ولنظرية الأعداد . والقضايا قد وضعت فيه على نحو يجعلها تكوّن سلسلة من البراهين الرياضية المبتدئة من افتراضات بسيطة هى التعريفات والمصادرات والبديهيات لكى تنتقل منها إلى نِسب أكبر وأكثر تركيباً على أساس استدلال دقيق . ولذا يمكن أن يُعدّ هذا الكتاب نموذجاً تطبيقياً رائعاً المنهج الاستدلالى الذى عرضه أرسطو فى « التحليلات » . وفيه تركزت كل الجهود التى قام بها الرياضيون اليونانيون السالفون ، بعد أن وضعت فى صيغة منطقية دقيقة . فبعد أن كانت البراهين عند فيثاغورس غير دقيقة بدرجة كافية ، أصبحنا نرى عند إقليدس عرضاً محكماً عقلياً للبراهين الهندسية .

ولم تتطور الهندسة اليونانية بعد هذا الكتاب تطوراً يستحق الذكر ؛ بل عقمت الروح اليونانية بعده واستمر هذا العقم إلى العصر الحديث حين جاء ديكارت بهندسته التحليلية . ولهذا يجب علينا أن نعبر هذه الفترة الطويلة بين إقليدس (٢٧٥ ق . م) فى القرن الثالث قبل الميلاد حتى ديكارت فى القرن السابع عشر بعد الميلاد لنصل إلى جديد فى علم الهندسة .

٩ — الهندسة التحليلية :

وهنا يلاحظ أن تكوين الهندسة التحليلية لا يرجع الفضل فيه إلى ديكارت وحده ، بل يجب أن نعزو شيئاً من الفضل فى ذلك إلى فرما ، فإن كتابه بعنوان : « المدخل إلى المحلاّت المستوية والمجسّمة(١) » يتضمن مبدأ الهندسة التحليلية مصوغاً فى أوضح عبارة حتى قال كانتوز : « إن ديكارت لم يصف تعيين المعادلة لمحل هندسى بمثل الوضوح الذى أبداه فرما فى مستهل كتابه « المدخل » . (« محاضرات فى تاريخ الرياضة » ، ج ٢ ، ص ٨١٧ ، ط ٢) . وفرما قد تأثر فى هذا

(١) Fermat : Isagoge ad Locos Planos et solidos.

أولاً بأبحاث أبلونيوس البرجاوى عن القطاعات المخروطية ، ثم بأبحاث نيقولا دورم Nicoals d'Oresme المتصلة بتعيين تغييرات الكتل وفقاً للاحداثيات ، أى تحديدها بخطوط .

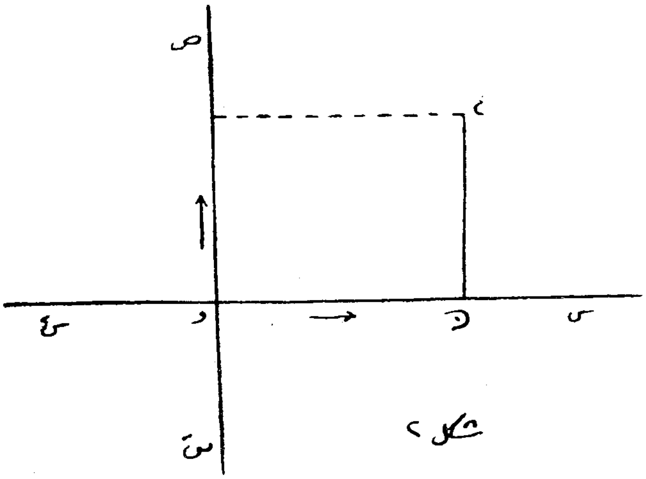
ولكن الفضل الحقيق فى إيضاح استخدام الإحداثيات فى تعيين النقطة يرجع إلى ديكارت ، خصوصا وأنه زيادة فى الإيضاح قد استخدم الإحداثيات المتعامدة ، التى عرفت من بعد باسمه . والجديد فى هذه الهندسة أنها خطوة هائلة فى سبيل التجرد من التجربة والرسوم . وهى خطوة ما كانت لتتم إلا بفضل تكوّن الجبر قبل ذلك بقليل على يد ڤيت Viète . فإذا كان هذا قد استغنى عن الأعداد بالحروف ، فإن ديكارت فى هندسته الجديدة سيستغنى عن النقط والخطوط والجسمات — بالحروف ، وبذا تهمل الأشكال الهندسية المحددة ، لكى يقتصر على النسب الرياضية العامة المجردة . فهذه الهندسة التحليلية ترد المقادير الهندسية إلى مقادير جبرية ، حتى إنه سيكون فى الوسع بواسطة الجبر أن يبرهن على كل الخواص الهندسية . وذلك لأن كل نقطة فى مستو يمكن أن تحدد ببعدها عن خطين متقاطعين عمودياً فى هذا المستوى . فإذا فرضنا مثلاً أن س وس ، ص وص هما مستقيمان ثابتان يتقاطعان عمودياً فى و ؛ وأن ع نقطة معلومة فى مستويهما فإننا إذا رسمنا ع ۾ موازياً ص ص ، وقاطعاً س س فى ۾ ؛ فإن من الواضح أن ع يمكن أن تتعين إذا علمنا ، أولا :

المسافتين و ۾ ، ۾ ع . ثانياً : الاتجاه الذى تقاس فيه كل من هاتين المسافتين . والمستقيم س ، سَ يسمى محور السينات ، والمستقيم ص صَ يسمى محور الصادات ، وتسمى نقطة تقاطعهما نقطة الأصل ؛ ويسمى و ۾ الإحداثى السينى للنقطة ع ، ويرمز له بالرمز س ؟ ۾ ع الإحداثى الصادى للنقطة ع ،

ويرمز له بالرمز ص : ويرمز للنقطة ع بالرمز (س ، ص) . والمسافات التى تقاس فى اتجاه و س ، وص تعد موجبة : بينما تلك المقاسة فى اتجاه وسَ ، وصَ تعد سالبة[1] . هذا إذا كانت الاحداثيات ديكارتية ؛ أما إذا كانت قطبية فإن النقطة يمكن أن تحدد ببعدها عن نقطة أخرى فى المستوى والزاوية المتكونة عن المستقيم الممتد بين النقطتين والمستقيم المتوازى للاحدائى السينى[2] . وكل

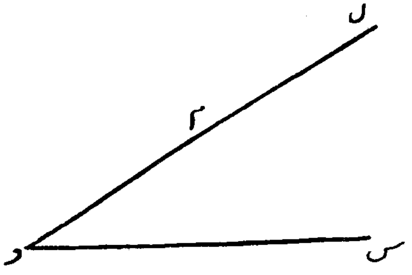
---

(١)



شكل ٢

(٢)



شكل ٣

الاحداثيات القطبية للنقطة ل هى البعد الموجه و ل والزاوية الموجهة س و ل . والبعد الموجه و ل يسمى الكمية المتجهة القطرية radius vector للنقطة ل . والزاوية الموجهة س و ل تسمى الزاوية الفكتورية للنقطة ل

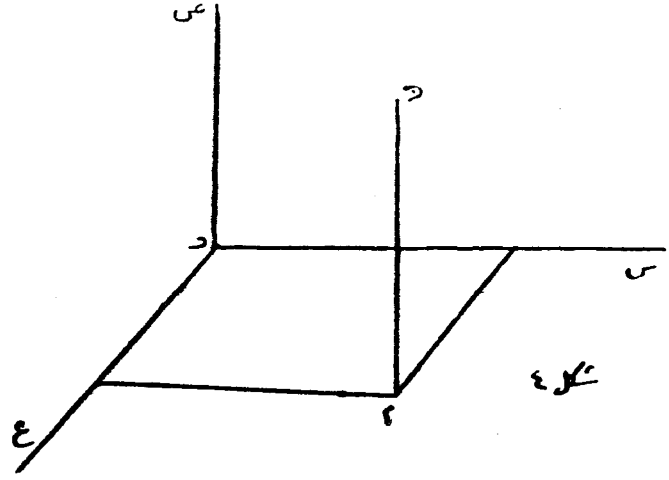
شكل هندسى فى الهندسة المستوية يمكن أن يحدد بنقط يمكن إذن أن يحدد بواسطة مقادير جبرية تمثل المسافات بين هذه النقط وبين المحاور . أما فى حالة الهندسة الفراغية ، فإننا نضيف إحداثياً ثالثاً ، وحينئذ تتعين النقطة بواسطة المستقيم الواصل من هذه النقطة إلى نقطة الأصل وبواسطة الزوايا الثلاث التى يكونها هذا المستقيم مع المحاور الثلاثة[1] . ولكن ديكارت لم يحصر همه إلا فى الهندسة المستوية ، وإن كان قد أشار إلى كيفية تحديد النقطة فى الفراغ .

١٠ — الهندسة الوصفية :

وفى أواخر القرن الثامن عشر نشأت هندسة تطبيقية هى المعروفة بالهندسة الوصفية ، أنشأها الرياضى الفرنسى المشهور جاسبار مونج Gaspard Monge (١٧٤٦ — ١٨١٨) ، وعرضها فى المحاضرات التى ألقاها فى مدرسة الهندسة بباريس ونشرت سنة ١٨٠٠ بعنوان : الهندسة الوصفية Géometrie descriptive وفيها عرض نظرية المنظور وكيفية تمثيل الأشكال الهندسية الفراغية بواسطة أشكال هندسية ذات بعدين أى فى مستو ، واستخدم لهذا قطرين أحدهما

---

(١)



شكل ٤

المستوى والآخر المسقط الرأسى . وبلغ فى دراسة هذه المسائل مبلغاً جعل تكوين هذا العلم سريعاً . وموضوع هذا العلم البحث فى تمثيل الأشكال الهندسية الفراغية تمثيلا بيانياً على سطح مستو ، أى فى بعدين . ويشترط فى هذا التمثيل أن يكون دقيقاً بحيث تكون النسب ممثلة تمثيلا دقيقاً بين الجسم والرسم البيانى له . والفكرة الأصلية التى يقوم عليها هى فكرة الإسقاط . ومعناها أن نفترض فى الفراغ نقطة ثابتة يطلق عليها مركز الإسقاط ، نصلها بواسطة مستقيمات « إلى نقط المجموعة الفراغية المراد تمثيلها . فإذا تقاطعت هذه المستقيمات التى يطلق عليها اسم الأشعة الإسقاطية مع مستو معلوم يسمى مستوى الإسقاط ، فإن نقط التقاطع يتألف منها الشكل البيانى المطلوب الممثل للمجموعة ، والذى يسمى لذلك مسقط المجموعة الفراغية من المركز المعلوم على المستوى المعلوم. فإذا كان مركز الإسقاط على بعد، أطلق على هذه الطريقة اسم طريقة الإسقاط المركزى أو المنظور . أما إذا تصورنا ابتعاد المركز إلى ما لا نهاية فإن الأشعة الإسقاطية تؤول إلى مستقيمات توازى جميعاً اتجاهاً ثابتاً ؛ ويسمى الإسقاط فى هذه الحالة إسقاطاً متوازياً ، كما يسمى الاتجاه الثابت اتجاه الإسقاط . ويكون الإسقاط المتوازى مائلاً أو عمودياً على حسب كون اتجاه الإسقاط مائلاً أو عمودياً على مستوى الإسقاط ». («الهندسة الوصفية » للدكتور على مشرفة والأستاذ محمد إلهامى الكردانى ، ص ٢ — ٣ ، القاهرة سنة ١٩٣٧) .

وهذه الهندسة لا تمثل درجة من التجريد ظاهرة إلا بالنسبة إلى المعمار العملى ؛ ولكنها عيانية ، كما هو طبيعى ، نظراً إلى أنها تتصل بمسائل عملية خالصة .

١١ — إنما التطور فى التجريد قد تم خصوصاً فى القرن التاسع عشر حين بدأ علماء الهندسة ينظرون فى الأسس نفسها التى تقوم عليها الهندسة التقليدية ، أعنى الهندسة الإقليدية . فهذه الهندسة تقوم على طائفة من المصادرات والبديهيات أهمها ثلاث :

١ — بين نقطتين لا يمرُّ غيرُ مستقيم واحد ؛

٢ — المستقيم هو أقصر خط بين نقطتين ؛

٣ — من نقطة لا يمكن إمرار غير مواز واحد لمستقيم معلوم .

وعلى الرغم من أن هذه القضايا ينظر إليها على أنهـا أولية ، أى غير قابلة للبرهنة ، فإن ثمة محاولات قد قامت مع ذلك للبرهنة عليها ؛ فالثانية يبرهن عليها كما هو معروف فى نظرية ١٢ (فى الكتب الهندسية العربية) ، إذ يمكن استنتاجها من البديهتين الأخريين ومن بديهيات أخرى . ولكن هذه المحاولات قد أخفقت كلها بالنسبة إلى الثالثة ، المعروفة عادة باسم مصادرة إقليدس.

وهنا وفى أوائل القرن التاسع عشر جاء عالمان أحدهما روسى والثانى هنغارى ألا وهما لوبتشفسكى وبولياى Bolyai وأثبتا بطريقة لا يمكن دحضها أن البرهنة على مصادرة إقليدس مستحيلة .

وهذه المسألة قد أثيرت لأول مرة بوضوح على يد ج. ساكيرى J. Saccheri فى سنة ١٧٣٣ . ثم عنى بها ن . لوبتشفسكى N. I. Lobacevsky (سنة ١٧٩٣ — سنة ١٨٥٦) فى سنة ١٨٢٦ ثم فى سنة ١٨٤٠ ؛ ثم جاوس Gauss — من الممكن فى سنة ١٧٩٢ ، ومن المؤكد فى سنة ١٨٣١ و سنة ١٨٤٦ ؛ ثم ج. بولياى J. Bolyai (سنة ١٨٠٢ — ١٨٦٠) فى سنة ١٨٣٢ . ولكن هذه الأبحاث لم تثر اهتماماً كافياً بخطر النتائج التى وصل اليها هؤلاء ، وإنما تم ذلك حين نشر ريمن Riemann رسالة بعنوان : « حول الفروض التى تقوم على أساسها الهندسة » Ueber die Hypothesen welche der Geometrie zum Grunde liegen ظهرت سنة ١٨٥٤ . فلفت النظر إلى إمكان وجود هندسات غير إقليدية . ومن هذا التاريخ نمت الابحاث والدراسات المتعلقة

بهذه الهندسات الجديدة ، خصوصاً على يد بلترامى من بافيا (سنة ١٨٣٥ — سنة ١٩٠٠) وهلمهولتز (سنة ١٨٢١ — ١٨٩٤) من برلين ، و س. ب. تنرى P. Tannery (سنة ١٨٤٣ — سنة ١٩٠٤) من باريس ، وكلين F. C. Klein من جيتنجن ، والفرد نورث هويتهد من كمبردج فى كتابه : الجبر الكلى .

أما هندسة لوبتشفسكى فتقوم على أساس إنكار مصادرة اقليدس واستبدال مصادرة أخرى بها هى : « يمكن من نقطة رسم موازيات عديدة لمستقيم معلوم » والاحتفاظ مع ذلك ببقية البديهيات . ومن هذه المصادرة أنتج سلسلة من النظريات ليس فيها أى تناقض ، مما أدى به إلى إقامة هندسة منطقية ، فيها من الإحكام البرهانى الاستدلالى ما لا يقل مطلقاً عما فى الهندسة الإقليدية . وهذه النظريات تختلف أحياناً إلى حد كبير جداً عما ألفناه من نظريات فى الهندسة الإقليدية . فمن بينها مثلا نظرية تقول إن مجموع زوايا المثلث أصغر دائماً من قائمتين والفارق بين هذا المجموع وبين قائمتين يكون بنسبة مساحة المثلث . ومن بينها كذلك نظرية تقول إن من المستحيل رسم شكل مشابه لشكل معلوم يختلف عنه فى الأبعاد . وعلى كل حال فإن قضايا هندسة لوبتشفسكى لا صلة لها مطلقاً بقضايا هندسة إقليدس .

وجاءت هندسة ريمن مخالفة لكلتيهما . فهى تقوم على أساس إنكار ليس فقط مصادرة إقليدس ، بل وأيضاً البديهية الأولى القائلة إنه لا يمكن أن يرسم غير مستقيم واحد بين نقطتين إذ بدأ ريمن بأن أنكر تصور المكان على أنه مستو ، بأن نظر إليه على أنه كروى. وهذا المكان الكروى سيكون بلا حد ، لأنه فى وسع المرء أن يسير قدماً على كرة دون أن يتوقف ؛ ولكنه كذلك نهائى لأننا إذا لم نجد له حداً ، فإننا نستطيع مع ذلك أن ندور حوله دورة كاملة ، أى مقفلة ، وبالتالى نهائية . وعلى هذه الكرة أو المكان الكروى لا يمكن غالباً

أن يرسم بين نقطتين غير دائرة كبيرة (تكون بمثابة المستقيم فى المكان ذى السطح المستوى)؛ ولكن حينما تكون النقطتان متقابلتين تقابلا قطرياً، فإن من الممكن أن يرسم بين هاتين النقطتين ما لا نهاية له من الدوائر الكبرى. وكذلك نرى أنه عادة أو غالباً لا يمكن أن يرسم غير مستقيم واحد بين نقطتين معلومتين؛ ولكن ثمة أحوالا شاذة يمكن فيها أن يرسم بين نقطتين ما لا نهاية له من المستقيمات.

ومن هنا اختلفت هندسة ريمن عن هندسة لوبتشفسكى اختلافاً بيناً: فمجموع زوايا المثلث يساوى قائمتين فى هندسة إقليدس، ويساوى أصغر من قائمتين فى هندسة لو بتشفسكى، ويساوى أكبر من قائمتين فى هندسة ريمن. وعدد الموازيات التى يمكن أن ترسم موازية لمستقيم معلوم من نقطة معلومة يساوى: واحداً فى هندسة إقليدس؛ وصفراً فى هندسة ريمن؛ واللانهائى فى هندسة لوبتشفسكى.

وبعد هذا قامت محاولات أخرى لإنشاء هندسات جديدة ليس فى وسعنا هنا الدخول فى تفصيلها، ومن أهمها هندسات فيرونيز Veronese وهلبرت Hilbert التى سمياها باسم الهندسات اللاأرشميدية، لأنها تقوم على أساس رفض «بديهية أرشميدس» القائلة بأن أى طول معلوم، يضرب فى عدد صحيح كبير بدرجة كافية، ينتهى بأن يفوق أى طول معلوم آخر أياً كان مقداره. أما فى المستقيم اللاأرشميدى، فالنقط التى تقول بها الهندسة العادية توجد كلها، ولكن ثمة ما لا نهاية له من النقط الأخرى متداخلا فيما بينها، إلى درجة أن من الممكن إدخال ما لا نهاية له من النقط الجديدة فيما بين نقطتين تنظر اليهما الهندسة القديمة على أنهما متلاصقتان [1].

---

(١) راجع فى هذا كله: هـ. پونكاريه: «العلم والفرض»، ف ٣.

تطور الحساب ونشأة الجبر .

رأينا كيف كان الحساب عند الشعوب السابقة على اليونان ، وكيف كان يقوم عندهم على قواعد عملية تجريبية ويرتبط بأشياء حسية مادية .

أما اليونانيون فقد تطوروا بالحساب إلى درجة من التجريد جعلته علماً مجرداً إلى حد بعيد . فقد ميزوا بين نوعين من العلوم الخاصة بالأعداد : نوع يسمى logistique والآخر يسمى arithmétique أى الحساب بالمعنى المفهوم . فالنوع الأول هو « فن » العد ، والثانى هو « علم » الأعداد ؛ والأول عملى تجريبى ، والثانى نظرى مجرد . وكانت الطريقتان تستخدمان معاً ، فلضرب عدد فى ٧ مثلا كان يثلث المضروب ويجمع إلى ضعفه ويضاف إلى نفسه ، أو يضاعف ثلاثة أضعافه ويضاف إلى نفسه . وكان يستعان فى إجراء عمليات الضرب بلوحات تسمى abaques فيها سجات نتائج العمليات المشهورة الاستعمال . أما علم الحساب فقد أقامه الفيثاغوريون ، وكان يختلف بعض الاختلاف عن الحساب كما لدينا اليوم ، إذ قد عنوا عناية خاصة ببيان الخواص العجيبة لبعض الأعداد وسلاسل الأعداد ؛ وميزوا بين أعداد زوجية ، وفردية ، وفردية زوجية معاً ، وأعداد أولية ، وأعداد تربيعية ومثلثية . ومن بين هذه الخواص نذكر على سبيل المثال القضية التالية : مجموع الأعداد الصحيحة المتتالية ابتداء من الوحدة يعطى عدداً مساوياً لنصف حاصل ضرب العدد الأخير فى الذى يليه ، كما يلى :

$$١ + ٢ + ٣ + \cdots + ع = \frac{ع\,(ع + ١)}{٢}$$

وهذه الاعداد تسمى مثلثية triangulaires لأنها تعبر عن مساحة مثلث قائم الزاوية أحد أضلاع الزاوية القائمة فيه يزيد عن الآخر بواحد .

وكذلك : مجموع الأعداد الفردية المتتالية يساوى عدداً تربيعيا :

$$١ + ٣ + ٥ + \cdots + (٢ع - ١) = ع^{٢} .$$

ولكن أكثر هذه النتائج قد وصل اليها الفيثاغوريون المتقدمون بطريقة تجريبية عملية ؛ ولم تصبح نظرية إلا فى دور متأخر . والطابع المميز لعلم الحساب عندهم أنه مرتبط أشد الارتباط بالهندسة وهذا يظهر أولا فى تسمية خواص بعض الأعداد . فالأعـداد الفردية كانت تسمى gnomons ، γνώμων أى ربع الدائرة ، وكان يعدحاصل الطرح لعددين مربعين $(ع + ١)^{٢}$ و $ع^{٢}$ ؛ وحاصل جمع الجنومونات من ١ إلى ٢ ع + ١ يعد عدداً تربيعياً ، أعنى $(ع+١)^{٢}$ ، وجذره التربيعى يسمى « ضلعاً » ؛ وحاصل الضرب لعددين كان يسمى سطحاً ؛ وحاصل ضرب ثلاثة أعداد يسمى عدداً مجسما nombre solide ، وإذا كانت الأعداد الثلاثة متساوية ُسمى مكعباً .

وعلى هذا النحو استمر علم الحساب مرتبطاً بالهندسة والعيان الحسى عند اليونان ، إلى أن جاء ذيوفنطس فنظم الدراسات السابقة التى استعملت فيها الرموز بدلا من الاعداد حتى كوّن منها علماً قائماً بذاته هو الجبر .

أقام ذيوفنطس هذا العلم بأن استخـدم رموزاً من الحروف الهجائية لتمثيل الـكميات المجهولة فى المعـادلات ؛ غير أنه اقتصر على المعادلات ذات المجهول الواحد ، فكان يمثلها بالحرف ςʹ أو ςο ؛ ومربع المجهول يسمى القوة δύναμις ويرمز إليه بالحرف δυ ؛ والمـكعب κύβος يرمز إليه بالحرف χυ وهكذا حتى القوة أو الأس السادس . ومن هذا يتبين أن كل هذه الرموز هى اختصارات لألفاظ . ولـكن هذا أيضاً لا يقلل من شأن هذه الحقيقة وهى أن فى مجرد استخدام الرموز تحقيقاً لخطوة فى التجريد هائلة ، وإن كانت الرموز قد استخدمت وفقاً للأحوال ، ولم توضع كنظام للقيام بالعمليات الجبرية بوجه عام .

إنما تطور الحساب تطوراً عظيما لدى الهنود ، خصوصاً فى القرنين الثانى عشر والثالث عشر بعد الميلاد ، فالجبر عند الهنود قد بدأ بأن أوجد أريا بهاتا Arya Bhata التحليل الجبرى ؛ وأعطى حل المعادلة التربيعية ، والحل بواسطة أعداد صحيحة لبعض المعادلات غير المتعينة من الدرجة الأولى ؛ وتدل حلوله للمعادلات العددية على أنه كان على علم بالنظام العشرى للعد . وقد ولد سنة ٤٧٦ فى مدينة بتنا Patna . ومن بعده جاء برهما جوبتا Brahma-gupta الذى كان يعيش حوالى سنة ٦٦٠ ، فحل المعادلات ذات الدرجة الثانية بطريقة عامة . ولابد لنا أن نعبر فترة طويلة كى نجد رياضياً هندياً من الطراز الأول هو بهسكارا Bhaskara المولود سنة ١١١٤ ، صاحب كتاب ليلاڤاتى Lailavati فى الحساب وفيه أعطى القواعد المألوفة الآن الخاصة بالجمع والطرح والضرب والقسمة ، والعمليات المشهورة فى الحساب ، والمسائل الحسابية قد صيغت فيه وفقاً للنظام العشرى المستعمل اليوم .

والتجديدات الرئيسية التى أتى بها الهنود فى الحساب تتلخص أولا فى استعمال النظام العشرى وذلك بترتيب الأرقام وفقاً لموضعها فى الآحاد والعشرات والمئات الخ ؛ وثانياً فى وضع القواعد الخاصة بالعمليات الحسابية الأولية ؛ وثالثاً فى إدخال العدد « صفر » الذى يدل على ما وصل إليه الحساب عندهم من تجريد كبير .

وعن الهنود أخذ العرب . فقد ذكر صاعد الأندلسى فى « طبقات الأمم » عند كلامه عما وصل إلى العرب من علوم الهند : « ومما وصل إلينا من علومهم فى العدد حساب « الغبار » الذى بسطه أبو جعفر محمد بن موسى الخوارزمى . وهو أوجز حساب وأهضمه ، وأقربه تناولاً ، وأسهله مأخذاً ، وأبدعه تركيباً ، يشهد للهند بذكاء الخواطر وحسن التوليد وبراعة الاختراع » (طبع مصر ص ٢١) .

ويظهر أن العرب قد عرفوا أعمال أريا بهاتا وبرهما جوبتا ، كما يظهر خصوصاً من مؤلفات الخوارزمى .

وليس المجال هنا مجال التحدث بالتفصيل عن الرياضيات عند العرب ، إنما نكتفى بأن نشير إشارة عابرة إلى أهم النتائج الجديدة التى وصلوا إليها . ولعل أهم شخصية جديرة بالذكر هى محمد بن موسى الخوارزمى ، الذى كتب كتاباً بعنوان « الجبر والمقابلة » اعتمد فيه على جبر برهما جوبتا ، كما اعتمد فى بعض البراهين على اليونانيين فى طريقتهم الخاصة بتمثيل الأعداد بواسطة الخطوط . وعلى أساس هذا الكتاب قامت دراسات الجبر فى العصور الوسطى الإسلامية والمسيحية ، وبواسطته دخل النظام العشرى بلاد أوربا ، ومن هنا يعد ذا أهمية تاريخية عظمى. والكتاب(1) ينقسم إلى خمسة أقسام : فى الأول منه قدم الخوارزمى القواعد الخاصة بحل المعادلات التربيعية بعد أن قسمها إلى خمسة أنواع هى : ا س^{٢} = ب س ، ا س^{٢} = ﺟ ، ا س^{٢} + ب س = ﺟ ، ا س^{٢} + ﺟ = ب س ، ا س^{٢} = ب س + ﺟ ، حيث ا ، ب ، ﺟ أعداد موجبة وفى كل التطبيقات ا = ١ . وهو لا ينظر إلا فى الجذور الحقيقية الموجبة ، ولكنه يعترف بوجود نوعين من الجذور ، وهذا لم يعرفه اليونانيون(2) . وفى الثانى يعطى البراهين الهندسية على هذه القواعد . وفى الثالث ينظر فى حاصل ضرب (س ± ا) فى (س ± ب) . وفى الرابع يبين القواعد الخاصة بجمع وطرح الصيغ التى تتضمن المجهول ومربعه ، أو جذره التربيعى ؛ ويعطى القواعد المتعلقة بحساب الجذور ، وينتهى بوضع النظريتين التاليتين : ا $\sqrt{ب}$ = $\sqrt{ا^{٢}ب}$ ، $\sqrt{ا}$ $\sqrt{ب}$ = $\sqrt{اب}$ والجزء الخامس والأخير يشتمل على بعض مسائل مثل إيجاد العددين اللذين مجموعهما ١٠

(١) نشره ف . روزن F. Rosen ترجمة انجليزية ، لندن سنة ١٨٣١ .

(٢) يلاحظ أن الخوارزمى يسمى مربع العدد باسم : المال .

والفارق بين مربعيهما ٤[1] .

والملاحظ على جبر الخوارزمى أنه مختلط بالحساب إلى حد بعيد . وسنرى عند الخيام أن المعادلات قد اختلطت دراستها بالهندسة ، إذ هو يعالج المعادلات التكعيبية بطريقة هندسية ، وذلك بأن يستخرج الجذر كإحدائى سينى لنقطة تقاطع مخروط مع دائرة .

وفى عصره أيضاً كان الكرخى (المتوفى حوالى سنة ١٠٠٠ م) الذى عنى خصوصاً بالنظر فى الكميات الصماء .

وهذه الرياضيات العربية هى التى وصلت إلى أوربا فى القرنين الثانى عشر والثالث عشر ، فأصبحت طريقة الحساب هى الطريقة العشرية . وهذه طريقة عملية من الطراز الأول ، عقلية إلى حد كبير .

ومن هذا الحين بدأ استعمال العلامات الدالة على العمليات الحسابية . أجل ، كان المصريون يستعملون نوعاً من العلامات للدلالة على بعض العمليات ، بأن كانوا يمثلون الجمع أحياناً بزوج من السيقان يسير إلى الأمام ؛ والطرح بزوج من السيقان يسير القهقرى أو بسهمان منطلقه ؛ والمساواة يرمزون لها بالعلامة < ولكن الرياضيات اليونانية لم تتقدم بهذه العلامات ولم تستعمل منها شيئاً . فنسيت تماماً ، إنما بدأت تظهر واضحة دقيقة وكما نستعملها اليوم ، فى أوروبا فى أواخر العصور الوسطى . فعلامة + و — ترجعان إلى القرن الثالث عشر ؛ وعلامة المساواة لم تستعمل استعمالا عاماً إلا فى أواخر القرن السابع عشر . أما الأس فيرجع إلى ما قبل القرن الرابع عشر إذ نرى الأس السالب مستعملا فى القرن الخامس عشر والأس الكسرى فى الرابع عشر ، أما الصورة التى هو عليها اليوم

---

(١) ٧ و ٣ .

فتعود إلى ديكارت فى كتابه فى الهندسة التحليلية سنة ١٦٣٧ . وفى نهاية ذلك القرن السابع عشر ظهرت علامات الضرب والقسمة .

واستعمال هـذه العلامات له فائدة جلى . ففضلا عن أنها تفيد كثيراً فى الاقتصاد وتسهيل القيام بالعمليات الرياضية ، وفضلا عن كونها لغة عامة التفاهم بين العلماء ، فإنها تمثل درجة من التجريد كبيرة . « فنظام الرموز ، كما يقول أبل ريه (دروس فى الفلسفة ، ج ٢ ، ص ٤٣ ، باريس سنة ١٩٢٥) ليس لغة حسنة الصنع فحسب ، بل هو أيضاً يدل على اللحظة التى صارت فيها الأفكار واضحة متميزة ، والتى أمكن فيها تنظيم العلم بطريقة عقلية ، والتى فيها صار العقل الإنسانى حائزاً للعناصر الحقيقية الضرورية له والتى ليست العلامات الرمزية غير أشياء تقوم مقامه » .

١٣ — تكوين الجبر :

ولكن الجبر لم يتكون بعـد كعلم تام مستقل إلا على يد فرنسوا فيت François Viète الذى ولد فى فونتنية قرب لاروشل سنة ١٥٤٠ . وتوفى بباريس سنة ١٦٠٣ . وكتابه الرئيسى فى الرياضيات هو « المدخل إلى فن التحليل» In Artem Analyticam Isagoge الذى نشر سـنة ١٥٩١ ، وفيه أوضح كيف يمكن تطبيق الجبر فى حل المسائل الهندسية . وأهم ما أتى به فيه إصلاحه لغة الجبر ، خصوصاً فى ناحيتين الأولى أنه رمز إلى الكميات المعلومة بالحروف الساكنة B, C, D, الخ ، وإلى الكميات المجهولة بالحروف الصائتة A, E, I, O, الخ مما يسر استخدام عدد من الكميات المجهولة . أما الطريقة المستعملة اليوم ، طريقة استخدام الحروف الأولى من الهجاء a, b, c, d, الخ للرمز بها إلى الكميات المعلومة ، واستخدام الحروف الأخيرة X, Y, Z, لتمثيل الكميات المجهولة ، فترجع إلى ديكارت فى سنة ١٦٣٧ .

والناحية الثانية هى أنه كانت العادة جارية باستخدام حروف جديدة لتمثيل مربع أو مكعب (الخ) الـكميات الواردة من قبل فى المعادلات ، فمثلا إذا كانت R أو N تمثل X فإن Z أو C أو Q تمثل x^2 أو x^3 الخ . أما فييت فكان إذا استخدم A لتمثيل الـكمية المجهولة س ، فإنه كان أحياناً يستخدم A quadratus A cubus لتمثيل x^2 و x^3 الخ مما كان يوضح بسرعة الصلة بين القوى المختلفة . فمثلا لـكتابة معادلة مثل : $5BA^2-DA+A3=Z$ كان فييت يكتبها كما يلى B5 in A Quad. — D plano in A+A cubo aequatur Z solido . وفى هذا يلاحظ أنه لم يكن يستخدم علامة التساوى ، والعلامة = التى نستخدمها اليوم للدلالة على التساوى كان هو يستخدمها لتمثيل « حاصل الطرح بين كميتين » .

وكان لهذين الإصلاحين أثر كبير فى تطور الجبر ، مما أدى إلى جعله علماً يقوم بنفسه ، قد استغنى عن الأعداد قدر المستطاع ، وأصبح بهذا أكثر إيغالا فى التجريد . إذ أفضى إلى وضع صيغ عامة مجردة لـكل العمليات المشابهة وضمها تحت صيغة واحدة ، أياً ما كانت مقادير الـكميات المستخدمة .

١٤ — الميكانيكا :

الميكانيكا هى العلم الذى يدرس ظواهر الحركة بطريقة عقلية دقيقة . وهى تقيس ظواهر الحركة مهما تكن مركبة وكيفية : فسواء أردنا قياس شكل سحابة متغير ، أو مسقط مياه ، أومقاومة الأجسام الصلبة المرنة ، فإن الميكانيكا تستطيع أن تحدد هذه الحركات والمقاومات مستعينة فى ذلك بالأعداد .

والميكانيكا ليست علمياً وصفياً فحسب ، إذ هى لاتقتصر على تسجيل حركات الأجسام المادية ، بل تبحث عن علل هذه الحركات والقوانين التى وفقاً لها تحدث هذه العلل ما تحدث من حركات . فإذا ما عرفت الأحوال الأولى لنظام مادى

والقوانين التى تخضع لها تأثيرات الأجسام المتبادلة فى هذا النظام فإنها تستطيع أن تحسب حركة هذه الأجسام فيما بعد . ولهذا فإن الميكانيكا هى فى جوهرها علم يستطيع أن يقدِّر مقدماً .

ولما كان التطبيق الفنى الصناعى إنما ينشأ نتيجة لمعرفة الشروط الأولية وما ينتج عنها من آثار ، فإن الميكانيكا كانت ذات أثر كبير فى تقدم الصناعة الفنية (التكنيك) .

وأثر الميكانيكا فى تقدم العلوم الأخرى ظاهر ، لأن موضوعها وهو ظواهر الحركة والتوازن ، يدخل فى كثير من العلوم الأخرى . فهو يدخل فى الظواهر الكهربية والكيميائية الخ ...

والميكانيكا هى التطبيق الأول للبرهان الرياضى على الدراسة الكمية والعلية للظواهر الطبيعية .

وفضلا عن ذلك فإن تاريخ تقدم العلوم يشهد بأثر الميكانيكا فى تطور البحث العلمى : فإن ميكانيكا جاليليو ونيوتن أوضحت كثيراً من المشاكل التى ظلت حتى ذلك الوقت غامضة ، حتى إن العلماء لم يقتصروا على محاكاة منهج الميكانيكا فى دراسة الحرارة والكهرباء والكيمياء الخ ، بل حاولوا دائماً الوصول إلى تفسير ميكانيكى لكل هذه الظواهر .

ومن الواضح أن الظواهر التى تدرسها الميكانيكا هى أكثر الظواهر تأبياً على القياس بالعدد . فالظواهر الكيميائية والفزيائية يمكن تتبع مراحل سيرها على نحو أيسر . فمثلا ظاهرة احتراق عود كبريت ، يمكن تقدير مراحل سيرها بسهولة ؛ اما إطلاق قذيفة فى الهواء فمن العسير تحديد مجراه . وهذا هو السبب فى تأخر تكوين علم الميكانيكا .

ونستطيع[١] أن نرجع نشأة هذا العلم إلى الفلاسفة الذريين السابقين على سقراط الذين قالوا إن الذرات إذا ما تحركت تستمر فى حركتها بطريقة مطردة ودون الاستعانة بأية قوة، إلا إذا اعترضتها ذرات أخرى. بيد أن هذه الفكرة الجزئية الخصبة لم تلق من يأخذ بها، لأن المشاهدات اليومية العادية لا تتفق معها، إذ تدل هذه المشاهدات على أن الأجسام لا تتحرك إلا إذا حركتها قوة، وأنها تتوقف عن الحركة إذا تخلت عنها القوة المحركة. ومن هنا نجد أن أرسطو يأخذ بمبدأ آخر وهو: حيث لا قوة فلا حركة. غير أن أحداً من أيام أرسطو حتى جاليليو لم يتساءل: ولماذا نرى السهم يستمر فى حركته بعد انفصاله عن القوس؟ إن مبدأ أرسطو كان من شأنه أن يقول إن السهم يجب أن يقف بمجرد انفصاله عن القوة الدافعة أى عن قوة شد القوس. لكن التفسير الذى كان يعطى آنئذ لظاهرة استمرار انطلاق السهم هو إنه حينما انطلق السهم، اندفع الهواء خلفه ليملأ الفراغ الذى تركه. ولكن هذا الجواب ينطوى على دور فاسد: الهواء اندفع لأن السهم تحرك؛ والسهم تحرك لأن الهواء اندفع. ومع ذلك، استمر المبدأ الارسطالى حتى القرن السابع عشر، وهو أنه. حيث لا قوة فلا حركة.

هنا جاء أولا جاليليو فأشار إشارة غامضة إلى ما سيعرف باسم قانون القصور الذاتى law of inertia؛ أما الذى أوضحه وفصله فهو نيوتن. ولهذا يسمى القانون الأول من قوانين نيوتن فى الحركة. وهو يقول إن كل جسم يظل فى حالة سكون أو حالة حركة مطردة فى خط مستقيم ما لم تؤثر فيه قوة ما. وبهذا استبدل بالمبدأ الأرسطالى القائل: « حيث لا قوة فلا حركة » مبدأ آخر يقول « حيث لا قوة، فلا تغير فى الحركة ». ثم إن أرسطو كان يرى أن القوة

(١) P. Painlevé, in. *De la Méthode dans les Sciences*, Première série, p. 72 sqq., Paris, 1920.

هى سبب الحركة ؛ أما نيوتن فيرى أن القوة هى السبب فى التغيرات التى تطرأ على الحركة : من تسارع أو تباطؤ أو تغيير فى الاتجاه الخ . فكل تغيير من هذا النوع يحتاج إلى قوة لإحداثه . لكن إذا لم توجد مقاومة ، فلا حاجة إلى أية قوة من أجل المحافظة على الحركة المطردة فى خط مستقيم .

وهكذا[1] نرى أنه منذ القرن السابع عشر قامت أبحاث عديدة فى الميكانيكا أدت فى خلال القرنين التاليين إلى تكوينها علماً حقيقياً أصبح نموذجاً يحتذى فى التفسير العقلى لسلاسل أخرى من الظواهر الطبيعية . وقد تكونت لأول مرة على يد جاليليو بدراسته لقوانين سقوط الأجسام ، ثم بحل مشكلة حركة قذيفة فى وسط لا تلقى منه مقاومة . وقد أدى هذا الحل إلى البحث فى المبادىء والتصورات والبديهيات التى يمكن أن يبنى عليها علم ظواهر الحركة ، أى علم الميكانيكا ؛ وهذا بدوره أفضى إلى دراسة القوانين العامة للحركة وتطبيقها على النقط والأجسام الصلبة ، والامتداد فى تطبيقها إلى الأجرام السماوية وحركاتها .

لقد اكتشف جاليليو أولا نظرية سقوط الأجسام . كان أرسطو يقول إن الجسم الذى يسقط تزداد سرعته لأن المتحرك يسعى بأسرع ما يمكن إلى مكانه الطبيعى . فجاء جاليليو وسجل نفس الظاهرة وهى ازدياد سرعة الجسم كلما ابتعد من نقطة سقوطه . وبدأ يفسر ذلك تفسيراً كمياً ، محاولا الوصول إلى معادلة رياضية . وقد حاول عدة محاولات للتفسير ، وراح يصحح الواحد تلو الآخر إلى أن انتهى إلى تفسير نهائى وهو أن السرعة تتزايد بنسبة الزمن الذى يمر من نقطة ابتداء انطلاق الجسم الساقط .

ثم بحث جاليليو فى حركة القذائف ، فانتهى إلى أن الجسم المتحرك الذى

---

(١) *Histoire générale des sciences*, tome 2, pp. 242 sqq. Presses universitaires de France, Paris, 1958.

يطلق على مستو أفقى يستمر فى حركة مطردة إلى غير نهاية إذا كان المستوى يمتد إلى غير نهاية ، طالما لم يعقه عائق . لكن إذا كان المستوى محدوداً ، فإن المتحرك الخاضع للتنقل يتجاوز نهايته ويضيف إلى حركته الأولى المطردة اتجاهاً إلى أسفل ناتجاً من الثقل . ومن هنا تنشأ حركة مركبة مؤلفة من الحركة الأفقية وحركة السقوط المتسارعة . وأثبت جالليو أن مسار القذيفة يؤلف قطعاً مكافئاً parabole

وأخطر من جالليو أثراً فى تكوين الميكانيكا كان نيوتن[1]، الذى استطاع أن يكتشف قوانين الحركة ، وأولها قانون القصور الذاتى law of inertia وقد ذكرناه ، وثانيها قانون يقول إن التغيرات التى تطرأ على كمية الحركة تتناسب مع القوة المتحركة وتجرى فى اتجاه هذه القوة . فإذا رمزنا للكتلة بالحرف س وللقوة بالحرف ق ، وللزمن بالحرف ز ، فإن من الممكن وضع هذا القانون فى المعادلة التالية : ك × س = ق × ز × (ك × س) . والقانون

---

(١) قوانين نيوتن :

القانون الأول : كل جسم يبقى ساكناً ما لم يطرأ عليه طارىء يحركه ، وكل جسم متحرك يتحرك بانتظام وفى اتجاه مستقيم ما لم يطرأ عليه ما يغير من انتظام حركته أو من اتجاهها أو ما يمحوها .

القانون الثانى : تغير كمية تحرك جسم فى زمن ما مناسب للقوة المحدثة له ؛ ويحدث هذا التغير فى اتجاه القوة .

القانون الثالث : لكل فعل رد فعل مساو له ومضاد له فى الاتجاه .

(٢) d (mv) = F dt [m = masse ، v = vitesse ، t = temps ، F = force]

ويمكن صياغته أيضاً فى الجملة التالية :

القوة التى تؤثر فى جسم تتناسب مع تغير العزم الذى تحدثه فى وقت معلوم ؛ واتجاه القوة هو الاتجاه الذى يحدث فيه تغير العزم [العزم momentum هو حاصل ضرب كتلة الجسم فى سرعته] .

الثالث يقول بتساوى الفعل ورد الفعل فى الأفعال المتبادلة بين جسمين . وهذا القانون ظاهر بنفسه فيما يتصل بأفعال الاصطدام ، ولكنه مبهم فى الأفعال من مسافة بعيدة .

ويطبق نيوتن قوانين الحركة هذه على الأجرام السماوية ، مما أدى إلى تكوين الميكانيكا السماوية ، التى تدرس حركات الكواكب والنجوم .

وتطورت الميكانيكا بعد ذلك تطوراً هائلا على يد أويلر فتكون ما يسمى باسم الميكانيكا العقلية . وأصبحت الميكانيكا مؤلفة من فرعين : الديناميكا والاستاتيكا . فالديناميكا تدرس الحركة ، والاستاتيكا تدرس أحوال التوازن فى المجاميع . وكل منهما تنقسم إلى ثلاثة فروع بحسب كون المتحرك نقطة ، أو مجموعة أجسام صلبة ليرتبط بعضها ببعض ، أو سائلا . وديناميكا واستاتيكا السوائل تسمى هيدرو ديناميكا وهيدرو استاتيكا[١] .

---

(١) للتذكرة :

العدد « الحقيق » : قطاع لسلسلة من الكسور مرتبة تبعاً للمقدار .

العدد «الأصم» : قطاع لسلسلة من الكسور ليس لها حد منطق .

العدد « الجذرى الحقيق » : قطاع لسلسلة من الكسور لها حد منطق لجذر ٢ ($\sqrt{٢}$) هو القطاع المتكون من كل الكسور التى يكون مربعها أقل من ٢ .

العدد « التخيلى المركب » : هو زوج مرتب من الأعداد الحقيقية .

جمع الأعداد التخيلية وضربها :

الجمع : $(\text{ا} + \text{ب}\,\text{ت}) + (\text{ح} + \text{ء}\,\text{ت}) = (\text{ا} + \text{ح}) + (\text{ب} + \text{ء})\,\text{ت}$

الضرب : $(\text{ا} + \text{ب}\,\text{ت})\,(\text{ح} + \text{ء}\,\text{ت}) = (\text{ا}\text{ح} - \text{ب}\text{ء}) + (\text{ا}\text{ء} + \text{ب}\text{ح})\,\text{ت}$

يعرّف الجزء التربيعي لأى مقدار سالب مثل — ا (ا موجبة) بأنه ذلك المقدار التخيلى الذى إذا ضرب فى نفسه نتج — ا .

أى أن $\sqrt{-\text{ا}} \times \sqrt{-\text{ا}} = -\text{ا}$

وقياساً على هذا يكون $\sqrt{-١} \times \sqrt{-١} = -١$

=

= والمقادير التي هي على الصورة $\sqrt{-١}$ تسمى بالمقادير التخيلية ، مثل $\sqrt{-٥}$ ، $\sqrt{-٩}$
ويمكن أن نبين أن المقادير التخيلية مثل $\sqrt{-١}$ يمكن التعبير عنها بدلالة $\sqrt{-١}$:

من التعريف $\sqrt{-١} \times \sqrt{-١} = -١$

∴ $\sqrt{١} \times \sqrt{-١} \times \sqrt{١} \times \sqrt{-١} = ١ \times -١ = -١$

∴ $(\sqrt{١} \times \sqrt{-١})^٢ = -١$ ∴ $\sqrt{-١} = \sqrt{١}\sqrt{-١}$

وبذا أمكن التعبير عن $\sqrt{-١}$ بدلالة $\sqrt{-١}$ وسنرمز للمقدار التخيلي $\sqrt{-١}$ بالحرف ت

القوى المختلفة للمقدار التخيلي ت :

$(\sqrt{-١})^٢ = -١$ ، $(\sqrt{-١})^٣ = -\sqrt{-١}$ ، $(\sqrt{-١})^٤ = ١$ ،

$(\sqrt{-١})^٥ = \sqrt{-١}$ أي $ت^٢ = -١$ ، $ت^٣ = -ت$ ، $ت^٤ = ١$ ، ت = ت

وتتكرر القيم على دورات رباعية .

كل مقدار بصورة ا + ت ب وفيه ا ، ب مقداران حقيقيان ، ت = $\sqrt{-١}$ يسمى بالمقدار التخيلي المركب مثل ٤ + ٢ $\sqrt{-١}$ ، ٨ — ٥ ت ، ... وتتكون هذه المقادير من جزئين أحدهما حقيقي والآخر تخيلي .

يترافق مقداران تخيليان مركبان اذا اختلفا في علامة الجزء التخيلي فقط فمثلا ٢ + ٣ ت ، ٢ — ٣ ت عددان تخيلان مركبان مترافقان .

وواضح أن مجموع أي مقدارين مربعين مركبين مترافقين هو مقدار حقيقي لأن

ا + ت ب + ا — ت ب = ٢ ا

(ا + ت ب) (ا — ت ب) = $ا^٢ - ت^٢ب^٢ = ا^٢ + ب^٢$ وكلا الناتجين حقيقي

وتستعمل المقادير المترافقة في تحويل كسر مقامه تخيلي إلى كسر آخر مقامه حقيقي ، وذلك بضرب البسط والمقام في مرافق المقام :

$$\text{فمثلا}\quad \frac{٢ + ت}{٣ + ٤ت} = \frac{(٢ + ت)(٣ - ٤ت)}{(٣ + ٤ت)(٣ - ٤ت)} = \frac{٦ + ٤ - ٥ت}{٩ + ١٦}$$

$$= \frac{١٠ - ٥ت}{٢٥} = \frac{٢ - ت}{٥}$$

لنفرض أن الجزء التربيعي للعدد ٢ هو $\frac{م}{ن}$ ، فإن $\frac{م^٢}{ن^٢} = ٢$ ∴ $م^٢ = ٢ ن^٢$

∴ $م^٢$ عدد زوجي ∴ م عدد زوجي لأن مربع العدد الفردي كذلك فإذا كانت م عدداً زوجياً إذن ، فإن $م^٢$ يجب أن تقبل القسمة على ٤ لأنه إذا كانت م = ٢ ص حيث ص هي نصف م فإن $م^٢ = ٤ ص^٢$ =

١٥ — نظرية العدد :

فكرة العدد لم تبحث بحثاً كافياً من حيث أسسها الفلسفية إلا فى العشرين سنة الأخيرة من القرن الماضى والأولى من هذا القرن خصوصاً على يد فريجه Frege فى كتابه عن معنى العدد الذى ظهر فى سنة ١٨٨٤ ثم فى كتابه عن القوانين الأساسية للحساب الذى ظهر سنة ١٨٩٢ . ونظريته فى العدد على الرغم من وضوح هذه الأبحاث إلى درجة كبيرة ، لم يتمكن مع ذلك أن تلقى العناية الكافية إلا على يد رسل فى سنة ١٩٠١ حين اكتشف القيمة الكبرى لنظرية فريجه فى العدد . وفى تلك الأثناء أى ابتداء من سنة ١٨٩٥ كان بيانو وأتباعه يقومون بالبحث فى أسس الرياضة بارجاع القضايا الرياضية جميعها إلى أفكار أولية ثم إلى مصادرات بسيطة يمكن أن يستخلص منها كل بناء الرياضيات . ولكن تبين أن فكرة فريجه عن العدد أدق وأشمل من فكرة بيانو ، فجاء رسل وأكمل النظريتين أولا فى كتابه « مبادىء الرياضيات » الذى ظهر سنة ١٩٠٣ وثانياً فى كتابه هو وهويتهد *(Principia Mathematica)*: « مبادىء الرياضة » الذى ظهر من سنة ١٩١٠ إلى سنة ١٩١٣ وسنتناول خلاصة أبحاثهم فى هذا الصدد ، فى شىء من الإيجاز .

= ∴ ٤ ص^{٢} = ٢ ن^{٢} ∴ ٢ ص = ن^{٢}

∴ $\frac{ن}{ص}$ ستكون أيضاً الجزر التربيعى للعدد ٢

وفى وسعنا بعد هذا أن نكرر البرهان : إذا كانت ن = ٢ ص ، فإن $\frac{ص}{ص}$ ستكون الجذر التربيعى للعدد ٢ وهكذا باستمرار خلال سلسلة لا تنتهى من الأعداد التى يكون كل منها نصف السابقة له .

ولكن هذا مستحيل ، لأننا إذا قسمنا عددا على ٢ ثم قسمنا النصف وهكذا فيجب أن نصل إلى عدد فردى بعد خطوات متناهية ∴ لا يمكن أن يكون ثمة كسر $\frac{م}{ن}$ يكون مربعه ٢

يفرق رسل بين الرياضة البحتة وبين الفلسفة الرياضية على أساس أن ثمة طريقين فى البحث فى الرياضيات : الطريق الأول أن ننتقل من المبادىء المسلم بها البسيطة نسبياً على الأقل إلى ما هو أكثر منها تركيباً وتعقيداً. فننتقل من عمليات الجمع والضرب إلى عمليات التفاضل والتكامل، ومن الحساب البسيط والهندسة المستوية إلى حساب اللامتناهيات والهندسة التحليلية . والطريق الآخر طريق عكسى ننتقل فيه من النتائج التى وصلنا اليها بعد أن بلغنا مرحلة واسعة من التطور لكى نبحث فى الأسس التى تقوم عليها الرضيات: من بديهيات ومصادرات وتعريفات . وبهذا نبحث عن الأسس العقلية التى تقوم عليها الرياضيات كلها . فالطريق الأول هو طريق الرياضيات البحتة التى تعنى بالانتقال من البسيط إلى المركب وتستمر فى التجريد حتى تصل إلى المجردات العليا التى تستغنى عن كل عيان ، والطريق الثانى هو طريق الفلسفة الرياضية التى تعنى بدراسة الأسس الأولى التى يقوم عليها كل بناء رياضى . وهذه الفلسفة الرياضية لم تنشأ إلا متأخرة ، نشأت خصوصاً فى النصف الثانى من القرن الماضى وأوائل هذا القرن حين حاول الرياضيون من ذوى النزعة الفلسفية المنطقية أن يدرسوا كيفية إرجاع الرياضيات كلها إلى الحساب . ففكرة احتساب الرياضيات كانت الفكرة الأولى التى دار حولها البحث فى الفلسفة الرياضية . وهذه الفكرة قد تنبه اليها بعض التنبيه فيثاغورس حينما وجد أن ثمة صعوبة فى إرجاع بعض الأشياء إلى نسب حسابية تبعاً لمذهبه الذى حاول به أن يرجع كل الحقيقة الخارجية إلى العدد . فقد وجد أن ثمة من المقادير ما لا يمكن أن يقدر حسابياً ، واكتشف فكرة الكميات غير المشتركة **quantités incommensurables** خصوصاً أنه قد وجد أن بين الضلع والقطر فى المربع لا يوجد قدر مشترك أى لا يمكن قياس الواحد على الآخر ، ووجد أيضاً أنه إذا كان ضلع المربع = ١

فإن القطر =√٢ وهـذا الجذر أصم irrationnel أى لا يمكن استخراجه كعدد طبيعى ، فانتبه بفضل هذه الصعوبات إلى بعض المسائل التى تثيرها الفلسفة الرياضية .

١٦ — وأول ما يجب أن يبدأ به البحث فى هذه الفلسفة هو أن ننظر فى أبسط الأشياء التى يمكن أن يرد اليها البناء الرياضى كله . فعلينا أولا أن نحتسب الرياضة بأن نرجع الرياضيات بأنواعها من حساب وهندسة وكل ما لهذه من فروع إلى فكرة الأعداد ، وفكرة الأعداد ترتد فى النهاية كأبسط صورة لهـا إلى فكرة الأعداد الطبيعية أو ما يسمونه الأعداد الصحيحة المتوالية . ونحن نبدأ اليوم عادة من صفر ثم ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ . . . الخ وقد وجدنا أن هذه الخطوة فى الواقع خطوة متأخرة إذ الصفر لم يعرفه اليونان ولا الرومان . إذ أدركه الهنود وعنهم انتقل إلى العرب ثم إلى الحضارة الأوروبية فأصبح اليوم الصورة الطبيعية للأعداد الصحيحة المتوالية (أو الأعداد الطبيعية) . ولـكنا إذا تساءلنا عن معنى كلمة صفر أو معنى كلمة الوحـدة وقعنا فى كثير من الاشكالات والصعوبات . وأكثر من هذا إذا بحثنا فى معنى العدد نفسه وجدنا أننا قد سلمنا بالفكرة دون أن نبحث فيها أدنى بحث ، ومن هنا جاءت الفلسفة الرياضية فبدأت تبحث فى القضايا الأولية الأصلية التى يمكن أن يرد اليها كل البناء الرياضى . وأهم من قام بهـذا البحث بيانو ، فقد بحث فى القضايا الأولية ، وكيف يمكن تعريفها أو البرهنة عليها . ولما كنا لا نستطيع فى النهاية إلا التسليم ببعض الأشـياء ، فقد اضطر هو الآخر إلى التسليم بهـذه الأفكار الأولية بوصفها القضايا الأصلية التى يقوم عليها علم الحساب وبالتالى تقوم عليها الرياضيات كلها .

هذه المبادىء التى وضعهـا بيانو تتلخص فى ثلاث أفـكار أولية وخمس

مصادرات : أما الأفكار الأولية فهى : صفر ؛ عدد ؛ تال ل . — أما معنى « الصفر » فهو الشىء الذى ليس له حد يقابله وكما سنرى فيما بعد : الصفر هو الصنف الذى لا أفراد له ، أى صنف العدم . أما « العدد » فقد فهم منه بيانو ما نفهمه عادة وبطريقة إجمالية مبتذلة من الأعداد الطبيعية ، « وتال ل » قد فهم منه أنه العدد المباشر التالى لأى عدد آخر . أما المصادرات الخمس التى قال بها فهى :

(١) الصفر عدد . (٢) كل عدد له عدد تال . (٣) لا عددين ذوا تال واحد . (٤) الصفر ليس تالياً لأى عـدد . (٥) أية صفة تنتسب إلى الصفر وتنتسب أيضاً إلى التالى لأى عدد يملك هذه الصفة ، تنتسب إلى كل عدد .

فإذا نظرنا فى فكرة الأعداد وطبقنا عليها هذه المصادرات وجدنا أولا أن الصفر عدد ، أى يدخل إذن على الأقل فى الرياضيات، بعد أن تطورت، كعدد من سلسلة الأعداد الطبيعية . ووجدنا ثانياً أن أى عدد له تال ، وهكذا باستمرار ، وسنرى أن هذا يفضى بنا إلى فكرة اللاتناهى فى العدد والعد ، فنحن نقول صفر ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ . . . الخ فكلمة إلى آخره تدل على اللانهاية — بمعنى أنه لما كان لكل عدد تال فإذن فإن أى عدد نأخذه لابد أن يكون له عدد تال مهما كان من ضخامة هذا العدد، والأمر لن ينتهى. وإذن فسلسلة الأعداد الطبيعية تبعاً لهذه المصادرة الثانية لا تنتهى . وتقول لنا المصادرة الثالثة إن أى عددين لا يمكن أن يكون لهما تال واحد ومعنى هذا أن عدداً ما لا يمكن أن يتكرر مطلقاً فى سلسلة الأعداد الطبيعية. وهذا مفهوم من المصادرة الثانية لأنه لما كان لكل عدد تال ، وكان كل عدد مختلفاً عن الآخر ما داما عددين ، فلن يكون التالى لأحدهما هو التالى للآخر . والمصادرة الرابعة تقول لنا إن عدد الصفر لن يدخل كعدد تال فى سلسلة الأعداد بل سيكون دائماً العدد الأول مهما افترضنا ، كما سنرى ، من قيمة هذا الصفر . والمصادرة الخامسة تقول لنا إنه إذا اتصف الصفر بصفة ، واتصف

عدد ما وليكن ع بهذه الصفة عينها ، كما اتصف بها التالى لهذا العدد أى ع + ١ فإن هذه الصفة تنطبق على كل الأعداد ، أياً ما كانت هذه الأعداد ، أى على سلسلة الأعداد الطبيعية كلها مهما امتدت .

ونستطيع بعد هذا أن نفسر عمليات الحساب وعمليات الرياضة على أساس هذه المصادرات الخمس . فعمليات الضرب والجمع مثلاً تقوم أيضاً على هذه المصادرات والبرهنة . على ذلك قد تكون طويلة أحياناً ولكنها متيسرة دائماً ، وقد عرضها بيانو فى كتابه مجموع الصيغ الرياضية ، عرضها بالتفصيل بالنسبة لجميع الأحوال .

وهنا يلاحظ أن هذه المصادرات الخمس يمكن أن تفسر عدة تفسيرات . فيمكن أولا أن نفترض أن الصفر هو العدد ١٠٠ ، وأن التالى هو العدد الذى يزيد عن المائة بعدد ، وليكن واحد (١) مثلاً ، فسنجد أننا نبدأ من مائة ١٠٠ ، ١٠١ ، ١٠٢ . . . الخ . والمصادرات الخمس تكون صحيحة بالنسبة لهذه الأحوال كلها ، فالمصادرة الأولى صحيحة وستكون ١٠٠ تناظر الصفر . وسنجد أن كل عدد له تال وسنجد أيضاً أنه لا يمكن أن يكون لعددين تال واحد ، وسنجد خصوصاً — وهذا قد يبدو غامضاً بعض الشيء — أن المصادرة الرابعة القائلة بأن الصفر ليس تالياً لأى عدد صحيحة ، وذلك لأننا عددنا المائة فى هذه الحالة هى الصفر ، وكأنّ عدد ٩٩ الذى يسبق المائة فى هذه الحالة لا يعد سابقاً ، ومع هذا فلا زالت هذه المصادرة صحيحة حتى بالنسبة لهذا التفسير .

وكذلك المصادرة الخامسة : فما ينطبق على المائة ، وعلى أى عدد آخر بعدها وعلى التالى لهذا العدد ، ينطبق على سلسلة الأعداد كلها ابتداء من المائة .

ثانياً : نستطيع أن نفترض أن الصفر لازال هو الصفر ، وأن العدد معناه العدد

الزوجى ، وأن تال ل يساوى ٢ ، فسنجد حينئذ أن لدينا صفر ، ٢ ، ٤ ، ٦ ، ٨ . . . الخ فالمصادرة الأولى هى هى بعينها ، والمصادرة الثانية هى هى مع جعلها التالى ذا قيمة غير الواحد ، فالأمر يتوقف دائماً على الكمية المعطاة بقولنا تال له ونجد أنه لا يوجد عددان ذوا تال واحد . ونجد رابعاً أن الصفر لا يوجد من بين الأعداد التالية إطلاقاً كما تقول المصادرة الخامسة أى أننا إذا ما نظرنا إلى أى خاصة تنتسب إلى الصفر وإلى أى عدد من الأعداد الزوجية ، ثم تنتسب ثالثاً إلى هذا العدد + ٢ ، فإن هذه الخاصية تنتسب كذلك إلى بقية الأعداد فى هذا التسلسل الطبيعى .

كما نستطيع أن نفترض افتراضات أخرى غير السابقة بأن نجعل الأعداد كسرية أو نفترض أية كمية للقيمة تال ل ، فسنجد أن المصادرات الخمس متحققة باستمرار فى كل هذه الأحوال . وعلى هذا يمكن بطريقة عامة أن نجد أننا إذا نظرنا فى أية سلسلة من الأعداد ولتكن س صفر ، $س_{١}$ ، $س_{٢}$ ، $س_{٣}$ ، $س_{٤}$ ، . . . $س_{ع}$ ، فسنجد دائماً أنها تخضع لهذه المصادرات الخمس . فالمصادرة الأولى القائلة بأن الصفر عدد متحققة هنا فى قولنا س صفر أول الأعداد ، والمصادرة الثانية متحققة فى أنه لا يوجد عددان ذوا تال واحد ، والمصادرة الرابعة متحققة فى كون الصفر ليس بواحد من الأعداد التالية ، والمصادرة الخامسة متحققة فى أن خاصة ما تنتسب إلى س صفر ، وإلى $س_{٣}$ + ١ تنتسب أيضاً إلى عدد آخر وليكن $س_{٤}$ ، $س_{٥}$ $س_{٦}$ ، $س_{ع}$ ... (أى عدد كان) .

ونظراً إلى هذا الاختلاف فى التفسير تبين لبعض الرياضيين المنطقين ، وعلى رأسهم رسل ، أن نتائج بيانو ليست نتائج نهائية ، فعاد إلى نظرية قد أدلى بها قبل ذلك بقليل (سنة ١٨٨١) فريجه ، وعرضها ثانية سنة ١٨٩٣ دون أن ينتبه إليها الرياضيون فى ذلك الوقت ، وذلك لكى يحقق غرضاً مهماً هو أن تكون

الرياضيات . وبالتالى المصادرات التى تقوم عليها ، دقيقة معينة الكمية لا تفسر أى تفسير كان . وثانياً لاحظ رسل وغيره أن بيانو قد افترض الأفكار الثلاثة الأولية افتراضاً دون أن يستخرج هذه الأفكار من مصادرات أخرى ، وبالتالى قد عدّ هذه الأشياء غير قابلة للبرهنة عليها . وصحيح أننا قد ننتهى إلى هذه النتيجة عينها ، ولكن يجب ألا نسلم — كما يقول رسل — بعدم إمكان البرهنة على مصادرة أو فكرة إلا بعد تحليل طويل يقنعنا ولو موقتاً بأن البرهنة مستحيلة وقتياً . ولهذا جاء رسل لحاول أن يستنتج بعض هذه المصادرات من بعض ، وأن يبرهن على بعض الأفكار الأولية . ثم اهتم فى أول الأمر خصوصاً وتبعاً لأبحاث فريجه ببيان معنى كلمة عدد ، ومعنى كلمة صفر ، خصوصاً الكلمة الأولى ، لأن عليها يتوقف كل بحث فى الأسس الأولية لأى نظام رياضى .

١٧ — معنى كلمة العدد :

قلنا إن فريجه هو الذى تنبه إلى هذه المسألة وعرضها بشىء من الوضوح فى كتابه «أساس الحساب» سنة ١٨٨٤ وتناولها من بعد فى كتابه «القوانين الأساسية للحساب» سنة ١٨٩٣ وخلاصة أبحاثه فى هذه المسألة أنه لكى نحدد معنى العدد يجب أولا أن نميز بين العدد وبين الكثرة . فالكثرة ليست هى العدد بالمعنى المجرد الرياضى ، فإذا كان لدينا خماس من الأشياء أو من الناس فإن هذا الخماس يكون كثرة ، ولكنه لا يكون عدداً ؛ إنما الخماس أو السداس أو الثلاث أو التساع ، مثل للكثرة ومثل للعدد ٣ ، ولكنه ليس مثلا للعدد نفسه ، وإنما «٣» هى المثل للعدد . فالعدد أكثر تجريداً من الكثرة . — وبعد هذه التفرقة نستطيع أن نحدد معنى العدد .

إن أى عدد أخذناه يختلف تمام الاختلاف عن الكثرة المكونة من وحدات قدرها هذا العدد ، فالعدد ثلاثة مثلا ليس هو الثالوث المكونة من الأب والإبن والروح والقدس وليس هو مجموع الأضلاع الثلاثة المكونة لأى مثلث ا ب ، ا ج ، ج ب — وكذلك الحال بالنسبة إلى أية مجموعة من المجاميع . ومن هنا يجب أن نميز تمييزاً دقيقاً بين ٣ وبين أى ثالوث من الأشياء التى نميزها فى العالم الخارجى لأن ٣ ليست هى أى ثالوث ولكنها الصنف الدال على كل ثالوث واقعى أو ممكن . فلنحاول بعد هذا التمييز بأن نفهم طبيعة العدد وكيف يمكن حده . ويلاحظ أولا أنه لكى يتيسر حدّ العدد أو تعريفه لا بد لنا أن نلجأ هنا إلى الحد بالمفهوم لا بالماصدق ، ذلك لأن الحد بالماصدق يمكن أولا أن يرد إلى الحد بالمفهوم ، ولسنا فى حاجة إلى استقراء جميع الأفراد الداخلة فى ما صدق شيء ما لكى نحده ، فمثلا سكان القاهرة لسنا فى حاجة بل قد لا يكون ممكناً إطلاقاً أن نحصيهم فرداً فرداً كى نستطيع أن نحد سكان القاهرة وإنما نكتفى فى الواقع بطائفة من هؤلاء السكان نجعلهم مميزين لمفهوم كلمة سكان القاهرة ثم نعمم هذا الحكم بالنسبة إلى جميع السكان ونحن فى هذا إنما نستخدم حدا بالمفهوم لا بالماصدق لأننا قد اتخذنا واسطة لهذا التعريف بعضاً من الصفات المميزة . وثانياً يلاحظ أن الأمر أوضح بالنسبة إلى الأعداد لأن الأعداد لامتناهية ، فما صدقها إذن لا يمكن حصره بالضرورة فلا يتم إذن تعريف بالماصدق بل لا بد أن نلجأ إلى التعريف بالمفهوم . فتعريفنا للعدد سيتم ببيان الخاصية أو الخواص الرئيسية التى يتميز بها العدد بوجه عام دون إحصاء تجريبى واستقراء عملى لكل الأعداد الواقعية أو الممكنة . ولكى نقوم بهذا التعريف يجب أن نجرب أولا أى أن نبحث فى المجاميع المكونة لأعضاء واحدة ونضع كل مجموعة متشابهة مع الأخرى تحت باب واحد ، فالمجاميع المكونة لباب واحد ستكون إذن هى المكونة لعدد ما .

فنأخذ مثلا مجموعة السُداسات ومجموعة السباعات ومجموعة التساعات الخ ... وكل مجموعة من هـذه المجاميع تعبر عن عدد معين سيكون هو العدد بالمعنى الرياضى . ولـكن لـكى تتم هذه الخطوة بالتأكيد لا بد لنا أن نعرف بأية وسيلة نستطيع أن نحدد أن هـذه المجموعة هى بعينها تنتسب إلى باب ما . والطريق الأظهر فى بادىء الأمر هو أن أقول : أحصى (أعد) كل الأفراد المكونة لهذه المجموعة ، وبعد هذا أدخلها فى الباب الذى تنتسب إليه وفقاً لمجموع الوحدات المكونة لها . ولـكن هذه الوسيلة تستلزم مقدماً أن لدينا فـكرة عن العدد لأننا فى هـذه الحالة نقوم بعملية العد ، وعملية العد تستلزم أننا نفهم مقدماً فـكرة العدد ، وعلى هذا فإن عملية العد عملية متأخرة يجب أن تسبق من الناحية المنطقية بعمليات أخرى أبسط منها . هذه العملية أو العمليات الأخرى الأبسط منها تقوم على فـكرة الإضافات بين الأصناف . فنحن سنسمى كل مجموعة من هذه المجاميع باسم صنف class وتسمى أحياناً set ، ويستعمل فى الرياضيات أحياناً كلمة aggregate وكلمة manifold ولـكن يحسن الاقتصار على كلمة «صنف» .

وقد رأينا فى المنطق الرياضى أن ثمة خواص شكلية للاضافات بين الأصناف[1] ورأينا منها خصوصاً خاصة التضـايف المشترك ، أى الخاصة الموجودة بين صنفين يتوقف أحدهما على الآخر أو يرتبط به ارتباط تضايف . فأحياناً يكون أحد الصنفين بالنسبة إلى الآخر مشتملا على عضو واحد ، بينما الآخر يشتمل على أكثر من عضو ، وقد يكون كلاهما مشتملا على عضو واحد فحسب ، فمثلا علاقة الأب بالإبن التضايف فيهـا بين واحد وكثير ، والعلاقة بين الإبن والأب التضايف فيها بين كثير وواحد ؛ والعلاقة بين زوج وزوجة فى الزواج الموحد هى علاقة واحد إلى واحد ، وتسمى مجموعة الأفراد الداخلة فى أى صنف من الصنفين ، فى الأول باسم مجال الصنف ، وفى الآخر باسم

---

(١) راجع كتابنا « المنطق الصورى الرياضى » ص٢٨٣ — ٢٩٣ ، القاهرة سنة ١٩٦٢ .

مجال المعكوس . فمثلا فى الصلة بين الأب والإبن مجال الأب هو مجال الإضافة ومجال الإبن الذى يضم أكثر من عضو هو مجال « معكوس الصلة » converse domain ، وكذلك الحال بالنسبة إلى بقية الأمثلة السابقة . فإذا كان مقدار الأعضاء الداخلة فى المجال ومعكوس المجال هو الواحد فإن الإضافة تسمى هنا «مشابهة » أو إضافة المشابهة . فالصنف الواحد يقال عنه إنه مشابه لآخر إذا كانت هناك إضافة الواحد والواحد ، وأحدها المجال والآخر المجال المعكوس . ومن الممكن أن يبرهن بعد هذا :

أولا : على أن أى صنف مشابه لنفسه ، أى توجد إضافة الواحد والواحد بينه وبين نفسه وهذا طبيعى ؛

وثانياً : أنه إذا كان بين الصنف ا والصنف ب مشابهة فستكون بين الصنف ب و ا ؛

وثالثاً : إذا كانت الصلة أو الإضافة مشابهة بين ا و ب ، وهى عينها بين ب و ج ، كانت الإضافة مشابهة أيضا بين ا و ج . وفى الحالة الأولى تسمى خاصية الإضافة باسم الانعكاس reflection أى تكون معكوسة على نفسها . وفى الحالة الثانية تكون تماثلية (أى أن خاصة هذه الإضافة هى التماثل) . فمثلا فى حالة « زوج له » فإنه إذا كان على زوجا لفاطمة ، فإن فاطمة « زوج » لعلى . وفى الحالة الثالثة خاصة الإضافة هى التعدى فإذا انتقلت الإضافة من ا إلى ب ، ومن ب إلى ج ، انتقلت من ا إلى ج فمثلا إذا قلنا ٧ أكبر من ٥ ، و ٥ أكبر من ٢ ، فإن ٧ أكبر من ٢ . وطبعا هذه الإضافة ليست تماثلية كما هو واضح .

وعلى هذا نجد أن إضافة المشابهة تتضمن إذن هذه الخصائص الثلاثة : الانعكاس والتماثل والتعدى . فلننظر بعد هذا فى كيفية تحديد انتساب صنف من

الأصناف إلى مجموعة ما كبرى . فمثلا صنف وليكن صنف السداسات : كيف ينتسب إلى الصنف ٦ أو إلى المجموعة الكبرى ٦ ؟ لتعيين هذا ننظر فى خاصية الإضافة فإذا وجدناها المشابهة كان هذا دليلا على أن الصنف المذكور ينتسب إلى المجموعة الكبرى المعلومة . فمثلا إذا نظرنا فى فكرة الأزواج فى بلد كاثوليكى فإننا سنجد أن عدد الازدواج سيكون قطعاً هو عدد الزوجات ، وهذا يجعلنا نضيف هذه المجموعة التى هى مجموعة الزوج والزوجة إلى طائفة كبرى هى طائفة العدد ، أو طائفة الأزواج بوجه عام . وكذلك الحال لو نظرنا فى أصناف أخرى فإننا نستطيع بواسطة خاصة المشابهة وحدها أن نعين الصنف الأكبر الذى ينتسب إليه هذا الشىء موضوع بحثنا. فإذا ما استطعنا هذا فإننا نستطيع أن نحدد فكرة العدد على هذا الأساس . فيمكن بعد هذا وبعد التفرقة التى وضعناها فى البدء بين المجموعة المعينة وبين العدد أن نحدد العدد بأن نقول أولا : « عدد أى صنف هو الصنف الشامل لكل الأصناف المشابهة له » فمثلا عدد الصنف خماس هو الصنف الشامل لكل الخماسات الممكنة . وحتى الآن لم نستخدم اللفظة خمسة أى العدد ، وإنما نتحدث بعد عن الأصناف وعدد الأصناف لا عن العدد المجرد . ولكى نخطو هذه الخطوة الأخيرة لا بدلنا أن نلجأ إلى تعريف قد يبدو فى الظاهر غير سليم ولكنه سليم فى الواقع فنعرف العدد بأن نقول : « العدد هو أى شىء يكون عدداً لصنف ما » . والخطأ الظاهرى لهذا التعريف أننا استخدمنا المعرف فى التعريف ولكنه خطأ ظاهرى فقط ، لأن كلمة عدد الأولى ليست هى كلمة عدد الثانية . فمثلا إذا قلنا « الإنسان هو مجموع أفراد الإنسانية » فهذا التعريف سليم مع أننا استخدمنا كلمة «الإنسانية» فى التعريف الأصلى . والمسألة هنا هى مسألة استخدام صفة للدلالة على أنها عبارة عن مجموع صفات مختلفة . فالعدد سيكون تبعاً لهذا هو عدد أى صنف ، فمثلا ٥ ستكون عدد أصناف الخماسات ، وعلى هذا فسيكون التعريف صحيحاً ، فـ ٥ هى إذن شىء يكون عدداً لصنف الخماسات .

وهذا التعريف لا ندرى بعد هل ينطبق على الأعداد المتناهية واللامتناهية على السواء ، بل علينا أن ننظر فى الحالة بالتفصيل لكى نتبين كيف نستطيع الوصول إلى أى عدد كان . ومن ناحية أخرى كيف نحدد الأعداد كلها ككل بصرف النظر عن أنها كيات متناهية أو لا متناهية . ونحن قد رأينا فى الأفكار الأولية عند بيانو أننا نستطيع بواسطتها أن نحدد معنى العدد الطبيعى وسلسلة الأعداد الطبيعية .فبهذه الأفكار الأولية : الصفر — عدد — تالٍ ل نستطيع أن نستخرج سلسلة الأعداد الأولية باسرها . ولكن يحسن بنا بعد هذا أن ننظر هل من الممكن إيجاز هذه الأفكار الأولية ومن ناحية أخرى هل يتيسر تحديدها فقد قلنا إنها أولية أى غير قابلة للحد والبرهنة . فلننظر فى صحة هذا القول فضلا عن أننا قد وجدنا من ناحية أخرى أن المصادرات أو المبادىء الخمسة التى وضعها بيانو يمكن أن تفسر عدة تفسيرات فعلينا أن نبحث فى تحديد هذه المبادىء الخمسة أو المصادرات الخمس لكى نقصرها على نوع واحد من التفسير . ومن ناحية أخرى علينا أن ننظر فيها علنا نستطيع أن نوجزها أو نسقط بعضها منها لأنه لا مدعاة بعد لها . فنقول إننا إذا أردنا مثلا أن نصل إلى العدد ١٠٠ر٠٠٠ فإننا نستطيع ابتداء من الصفر باعتباره فكرة أولية واعتمادا على فكرة تال له وفكرة العدد أن نسير خطوة خطوة من عدد ع إلى تال له ع + ١ وهكذا باستمرار حتى نصل بطريق التجربة إلى العدد ١٠٠ر٠٠٠ . ولكن هذه الطريقة قد لا تكون متيسرة فضلا عن أنها تجريبية فقد لا تكون متيسرة أو هى بالفعل كذلك فيما يتصل بالأعداد اللامتناهية إذ أن اللامتناهى لا يمكن الفراغ منه .

وثانياً أننا نريد تعريفاً يشمل كل أحوال العدد بصرف النظر عن أنه متناه أو غير متناه ، والطريق للوصول إلى هذا هو المصادرة الخامسة من مصادرات بيانو ، والتى يقوم عليها الاستقراء الرياضى mathematical induction وهذه قد أخذناها

فى البدء على أنها مبدأ ولـكننا هنا نريد أن نأخذها على أنها تعريف — أى شىء نبدأ منه . فإذا كانت هناك صفة أو خاصة تتعلق بصفر وتتعلق بعدد ما ثم بالتالى لهذا العدد فإنها تكون منطبقة على كل الأعداد على السواء أى بعبارة أخرى أننا نستطيع ابتداء من الصفر ، وعدد أيا كان نستطيع أن تعينه ، ثم التالى لهذا العدد أن نحكم حكما عاماً على كل الأعداد الممكنة . وبهذا يتيسر لنا أن نحكم على الأعداد المتناهية واللامتناهية على السواء . ولكى نقوم بهذا يحسن أن نقدم أولا طائفة من التعريفات . فيقال أولا إن خاصة ما وراثية إذا كانت تنتسب إلى عدد ما ثم إلى هذا العدد + ١ أى والتالى له . فمثلا لنفرض أن لدينا العدد ع له خاصية ما فاذا كانت هذه الخاصية تتعلق أيضاً بـ ع + ١ فانها تسمى حينئذ وراثية أى تنتقل من ع والتالى لهـا إلى بقية الأعداد التالية فى سلسلة الأعداد المتوالية . ويسمى الصنف وراثياً إذا كان ع عضـواً فيه و ع + ١ عضواً فيه كذلك . فإذا اعتبرنا أن ع مثـلا هى العدد ١٠٠٠ فإن جميع الأعداد التالية لـ ١٠٠٠ ابتداء من ١٠٠٠ + ١ ، ١٠٠٠ + ٢ ... الخ تكون فيها هذه الصفة وراثية أى ما ينطبق على ١٠٠٠ ينطبق على سلسلة الأعداد التالية ابتداء من ١٠٠٠ وإذا جعلنا ع صفر فستكون الخاصـة وراثية بالنسبة إلى كل الأعداد ما دام صفر هو العدد الأول الذى لا يسبقه أى عدد آخر .

والصنف الذى يكون متعلقاً بالعدد كنقطة ابتداء له يسمى صنفاً استقرائياً inductive class وسنرى أن الصنف الاستقرائى سيتكون من صفر ، وصفر + ١ ، ثم بقية الأعداد التالية أى فى الواقع من كل الأعداد الممكنة . ولـكننا لم نصل بعد إلى هذه النتيجة بطريقة منطقية ولننظر فى كيفية التعبير عنها بطريقة منطقية وهذا نستطيع القيام به بأن نسميه كتعريف ثان باسم « ذرية العدد » posterity ، وتعرف الذرية بأنها عبارة عن مجموعة الأعداد ابتداءً من عدد ما بالنسبة إلى

الإضافة « سلف له » أو سابق له — فإذا نظرنا بعد هذا فى ذرية العدد صفر أى هذا الصنف الاستقرائى لوجدنا أنها تشمل صفر وصفر + ١ و ١ + ١ ... الخ أى سلسلة الأعداد الطبيعية المتوالية . وهذا يمكن أن نقوم به بطريقة تجريبية بأن نحدد ذلك على أساس أن نقول إن الأعداد هى ما نصل إليه إذا ما سرنا ابتداء من الصفر خطوة فخطوة وهكذا باستمرار . ولـكن قولنا خطوة فخطوة وهكذا باستمرار ليس تعبيراً واضحاً ولهذا نستبدل به كلمة ذرية التى هى تعبير منطقى واضح موجز يعبر عن هذا المعنى منطقياً . وعلى هذا نستطيع أن نعرف سلسـلة الأعداد الطبيعية بقولنا : « الأعداد الطبيعية هى ذرية صفر بالنسبة إلى الإضافة : السالف مباشرة (التى هى معكوسة تال ل) » .

وفى هذا التعريف يظهر أننا عرفنا إحدى الأفـكار الأولية التى قال بها بيانو بواسطة الفـكرتين الأخريين . فـكلمة عدد عرفناها بواسطة صفر وبواسطة تال أو سالف له (والمسألة واحدة) وبهذا نـكون قد وفرنا إحدى هـذه الأفـكار الثلاث ، ومن ناحية أخرى قد وفرنا كذلك مصادرتين من المصادرات الخمس لبيانو ألا وهما : الأولى والخامسة . وكأننا بهذا قد وفرنا مصادرتين المصادرة الأولى والمصادرة الخامسة ؛ أما المصـادرة الثانية فلا تزال قائمة ونستطيع أن نعبر عنها فى صورة أخرى بأن نقول : كل عدد له عدد طبيعى يتلوه .

وبعد هذا نبحث فى تعريف الفـكرتين الأخريين : فـكرة الصفر وفـكرة تال له . ولـكى نقوم بهذا نستطيع أولا أن نعتمد على تعريفنا للعدد حيث قلنا إن العدد هو أى شىء يكون عدداً لصنف ما ، وهذا الصنف سيكون شاملا لـكل الأصناف المشابهة له. فعددالصفرسيكون إذن عددصنف بلاأفراد (أو بلاأعضاء) وذلك لأن صنف الصفر لا يشمل أى فرد فهوصنف العدم . وسيكون عدد الصفر إذن هو ذو عضو واحدأو فرد واحد ألا وهو صنف الصفر نفسه وهو صنف

بلا أفراد وفارق كبير بين عدد الصنف وبين الأفراد الداخلة فى هذا الصنف . فعدد الصنف واحد وهو صنف الصفر أما الأفراد الداخلة فى هذا الصنف فمعدومة أى لا توجد أعضاء لصنف الصفر : ولكن عدد الصفر له صنف واحد هو الصنف الذى لا أفراد له . وعلى هذا يمكن أن نعرف الصفر بأنه : « هو الصنف الذى عضوه الوحيد هو صنف الصفر (وهو صنف لا أفراد له) »

بقى بعد هذا أن نحدد الفكرة الثالثة والأخيرة وهى فكرة : « تال ل » ولتحديد هذه الفكرة نفترض وجود صنف ولنسمه « ا » به أفراد عددها ع ، ولنفرض أن لدينا صنفاً آخر وليكن س ، أفراده ليست داخلة فى ع (أو من بين أفراد ع) وعلى ذلك فإن ا + س يكون صنفاً تالياً للصنف ا . وبهذا نستطيع أن نعرف التالى ل بقولنا « التالى لعدد الحدود فى الصنف ا هو عدد الحدود فى الصنف المكون من ا مع س ، حيث س هى أى حد لا ينتسب إلى الصنف ا » (أى خارجه) . وبهذا إذن نكون قد استطعنا أن نحدد بالدقة وبالتعريف الأفكار الثلاث الأولية التى قال بها بيانو كما أننا استطعنا أن نتخلص من مصادرتين من مصادراته . وفى وسعنا بعد هذا أن نتخلص أو أن نفهم بوضوح معنى بقية المصادرات ، إذ الباقى لدينا ثلاث . أما المصادرة القائلة بأن أى عدد له تال — وهى المصادرة الثانية — وكذلك المصادرة الرابعة القائلة بأن صفر لا يمكن أن يكون تالياً لأى عدد فيفهمان بسهولة وليسا فى حاجة إلى برهنة لكى يمكن أن يدركا بوضوح . وأما المصادرة التى تحتاج إلى شىء من العناية فهى المصادرة القائلة بأنه لا يمكن أن يكون لعددين تال واحد ، إذ أن ثمة مشكلة تتصل بهذه المسألة تنشأ حينما نفترض أن الأعداد متناهية أو إننا بازاء كميات محدودة . أما إذا كنا بإزاء كميات لا متناهية أو عدد لا نهائى فإن المشكلة لا تقوم لأننا إذا فرضنا أن لدينا عددين وأن الكميات لامتناهية فإننا نستطيع بإستمرار أن نفترض أن ثمة

أعداداً خارجة وبالتالى فإننا إذا فرضنا أن إحدى الكميات هى ا والأخرى ب فإن ا + ١ سيكون عدداً آخر غير ب + ١ ، لأن ثمة أعداداً أخرى خارجة ما دامت الأعداد لامتناهية اللهم إذا كانت ا = ب . ولكن إذا كنا بإزاء أعداد متناهية ، بأن كان قدر الأعداد هو ١٠ مثلاً ولاشىء خارجها فإن العدد التالى لـ ١٠ سيكون ١١ ولا وجود له أى يساوى صفر . وكذلك العدد التالى لهذا العدد وهو ١٢ سيكون بلا أفراد ، فسيكون إذن صفراً ، وإذن ستكون ١١ = ١٢ ، ومن هنا سيكون التالى لعددين هما ١٠ و ١١ عدداً واحداً وهو صنف الصفر .

ومن هذا يتبين إذن أن هذا المبدأ الثالث من مبادىء بيانو الخمسة لا يكون صحيحاً إلا إذا كانت سلسلة الأعداد لا متناهية ؛ فلنفترض أنها الآن لا متناهية . والنتيجة لهذا كله إذن أننا قد استطعنا أن نحدد معنى الأفكار الأولية الثلاثة التى قال بها بيانو كما استطعنا من ناحية أخرى أن نحدد المبادىء الخمسة وأن نرد بعضها إلى بعض . وفى وسعنا بعد هذا أن نحدد كل المسائل الرياضية مهما ارتفعت درجتها فى التطور والتجريد والتعقيد ، ما دمنا نرى أن الرياضيات تقوم بأسرها على الحساب ، والحساب يقوم كله على فكرة الأعداد الطبيعية . وليس من الصعب بعد هذا أن تطبق هذه التعريفات فى الرياضيات العليا وفى بقية أجزاء الرياضة مما ليست بحساب أو بجبر أو بهندسة مستوية كما بيَّن ذلك رسل فى كتابه : « مبادىء الرياضيات » .

وفى وسعنا بعد هـذا أن نعمم هذه القاعدة التى وصلنا إليها وهى قاعدة الاستقراء الرياضى . ويكفى من أجل هذا أن ندلى بالتعاريف التالية التى وضعها فريجه وهى أن نفترض خاصة مثل « ف » فنجد :

١ — الخاصة : يقال عنها إنها « ف » وراثية فى حالة ما إذا كانت تنتسب إلى الحد « س » ، و « س » له إضافة « ف » بالنسبة إلى ص ، فإنها تنتسب إلى « ص » .

٢ — والصنف يكون ف — وراثياً إذا كانت خاصته المحددة « ف » — وراثية .

٣ — والحد «س» يقال إنه ف — سلف للحد «ص» إذا كانت «ص» لها كل خاصة ف — وراثية تملكها « س » بشرط أن تكون « س » حداً له الإضافة « ف » إلى شىء ما ، أو يكون ثمة شىء له بالنسبة إليه الإضافة « ف ».

٤ — وذرية « ف » للحد « س » هى كل الحدود التى يكون فيها « س » « ف — سلفاً » .

وعلى هذا فالاستقراء الرياضى يقوم إذن كما يقول رسل على أساس تعريفات تفترض افتراضاً. وليس بصحيح إذن ما ذهب إلى الرياضيون من قبل فى أواخر القرن الماضى وأوائل هذا القرن وعلى رأسهم پوانكاريه من أن ثمة مبدأ يقوم عليه الاستقراء الرياضى : مبدأ سماه پوانكاريه باسم « البرهان بالإنابة » raisonnement par recurrence فلا يوجد مثل هذا المبدأ المستتر الذى يزعمه پوانكاريه ، فكل هذه تحديفات لم تصل إلى فهم طبيعة البرهنة الرياضية وإنما المسألة تقوم على أساس تعريفات نضعها فى البدء ، ثم نستنتج منها كل ما يتلوه . وليست الرياضيات إذن غير طائفة من التعريفات التى نضعها أولا ثم نستخلص منها فيما بعد كل الخواص التى يمكن أن تستخلص . وعلى هذا فكما يقول رسل إن الاستقراء الرياضى معناه بطريقة عامة شعبية أن من الممكن أن نطبق ما ينطبق على سلسلة من المتتاليات ، على صلة الأول بالأخير ،

تعنى أنه ما دمنا نستنتج من التوالى فإننا نستنتج أيضاً من نقطة البدء إلى نقطة النهاية. فإذا كانت نقطة البدء « صفر » ونقطة النهاية عدداً ما على أساس افتراض أن الأعداد لامتناهية ، فإن ما ينطبق على الأعداد المتتالية ينطبق بالتالى من الصفر إلى هذا العدد المفروض . ويصور هذه المسألة بقطار مركب من عربات كثيرة فإذا أعطت القاطرة الدفعة الأولى تحركت أولى العربات ثم التالية وهكذا حتى نصل فى النهاية إلى تحرك العربة الأخيرة ؛ فكأن الحركة التى تعطيها القاطرة للعربة الأولى تنتقل إذن من القاطرة إلى العربة . وكذلك الحال هنا فى حالة الاستقراء الرياضى فكأن ما ينطبق على العدد الأول فى صلته بما يتلوه ينطبق على هذا العدد الأول فى صلته بالعدد الأخير ، هذا إذا افترضنا الأعداد متناهية . أما إذا افترضت لامتناهية فيجب أن نبحث عن مبدأ آخر هو ذلك الذى قال به كنتور Cantor فى فكرة اللامتناهيات أو ما بعد المتناهى .

١٨ — الترتيب :

فكرة الترتيب من الأفكار الرئيسية فى كل الرياضيات ، إذ تقوم كلها فيما عدا بعض أحوال قليلة على أساس هذه الفكرة . وليس الأمر مقصوراً على الأعداد الصحيحة بل وأيضاً ينطبق على الأعداد الكسرية والأعداد السالبة والأعداد المتخيلة فى بعض الأحوال . كما يلاحظ أن هذه الفكرة تلعب أخطر دور كذلك فى الكميات المتصلة ، فالنقط فى ترتيبها بعضها إلى بعض فى المستوى لا بد أن تخضع لترتيب خاص ووفقاً لهذا الترتيب تقوم وظيفتها . وكذلك المستقيمات المتقاطعة فى نقطة ما ، لا بد أن تخضع أيضاً لترتيب ، والترتيب فكرة اعتبارية خالصة ، أى ليس هناك ترتيب يجب أن يؤخذ دون أى ترتيب آخر ، إنما الأمر يتوقف على وجهة نظر الشخص المرتب لا على

الأشياء المترتبة فى ذاتها . فإذا نظرنا مثلا فى الأعداد الطبيعية وجدنا أن من الممكن أن ترتب على أساس صفر ، ١ ، ٢ ، ٣ . . الخ أو على أساس البدء بالأعداد الفردية ، ثم نتلوها بالأعداد الزوجية : أو البدء بعدد زوجى ثم بالأعداد الفردية التى هى مضاعف العدد ٣ مرات وهكذا باستمرار . . وكذلك الحال فى تحديد النقط فى المستوى : قد تكون النقطة متحددة بإحداثيات قوامها أعداد صحيحة أو تكون محددة بإحداثيات ذات قيم كسرية ، وأحياناً بإحداثيات قوامها كميات صماء . . إلى آخره . فالأمر إذن أمر وجهة النظر التى ننظر من خلالها إلى الترتيب وليس الأمر إذن متعلقاً بالأشياء المرتبة فى ذاتها .

ولتحديد خاصة الترتيب لا بد لنا أن نراعى صفات معينة ، وهذه الصفات يمكن أن تستنتج من النظر فى الإضافة « سابق وتال » . فإذا نظرنا فى هذه الإضافة وجدنا أنها تتصف بالصفات الثلاث التالية :

١ — أنه إذا كانت ا سابقة على ب ، فلا يمكن أن تكون ب سابقة على ا وكذلك إذا قلنا مثلا : ا أكبر من ب — فلا يمكن أن تكون أيضاً ب أكبر من ا — .

ولكن ثمة أحوالا ترتد فيها الإضافة على نفسها ، فى حالة الأخ مثلا : إذا كان ا أخاً لـ ب ، فإن ب أخ لـ ا . فالخاصة تسمى لا تماثلية فى الحالة الأولى ، وفى حالة الأخ تعتبر تماثلية .

٢ — وإذا كانت ا سابقة على ب ، ب سابقة على حـ ، فإن ا سابقة على حـ . وكذلك الحال إذا قلنا أكبر من ...إلى آخر هذه الإضافات التى إذا انتقلت من ا إلى ب ومن ب إلى حـ انتقلت أيضاً من ا إلى حـ . وهذه الإضافة هى الإضافة المتعدية

٣ — ثالثاً : لا بد أن يكون أحد العددين سابقاً والآخر تالياً ، فى هذه الإضافة . وكذلك الحال إذا ما أخذنا أى عددين فلابد أن يكون أحدهما أكبر من الآخر . هذا فى حالة الأعداد الحقيقية ، أما فى حالة الكميات التخيلية المركبة فليست الحال كذلك . وإذا نظرنا فى لحظات الزمن فلابد أن تكون إحدى اللحظات أكثر بكوراً من لحظة أخرى ، ولكن بالنسبة إلى حادثين قد يكونان فى حالة معية simultanéité ، فإذا كانت الإضافة تقتضى أن يكون أحدهما بالضرورة سابقاً والآخر لاحقاً سميت فى هـــذه الحالة مرتبطة . فهذه الخواص الثلاثة هى التى إذا توافرت كونت تركيباً مرتباً ، وكل ترتيب لا بد بالتالى أن يكون متصفاً بهذه الخواص الثلاث . فإذا أخذنا مثلا سلسلة الأعداد الطبيعية ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ ، ٦ . . الخ ونظرنا فى الإضافة « أقل من » وجدنا أنها تتصف بهذه الخواص الثلاث : فهى أولاً لاتماثلية لأنه إذا كانت ١ أقل من ٢ ، فإن ٢ ليست أقل من ١ ، وهى ثانياً متعدية لأنه إذا كانت ١ أقل من ٢ ، و ٢ أقل من ٣ ، فإن ١ أقل من ٣ ، وهى ثالثاً مرتبطة فأحدهما أكبر من الثانى فى أى زوج أخذناه منهما .

١٩ — أنواع الأعداد :

انتهينا فيما تقدم إلى تعريف العدد ثم تعريف التتالى ثم تعريف الترتيب ، ولكننا لم نتوسع بعد فى معنى العدد بل اقتصرنا تقريباً فى كل نظرنا على العدد الطبيعى . فعلينا الآن أن ننظر نظرة إجمالية عامة فى كيفية تعريف بقية امتدادات فكرة العدد وهى: الأعداد السالبة والموجبة ، ثم الأعداد الكسرية ، ثم الكميات الصماء irrationnelle ثم الكميات التخيلية المركبة .

وحتى عهد رسل وفريجه لم تكن هذه الامتدادات قد حللت تحليلا دقيقاً

بل أخطأ الباحثون فى تحليل معناها لأنهم ظنوا أنها ليست سوى أنواع داخلة تحت جنس واحد ، ويمكن رد بعضها إلى بعض فى نهاية الأمر ، فقالوا عن العدد الموجب إنه ليس شيئاً آخر غير العدد الذى بغير علامة فمثلاً العدد + ١ هو بعينه العدد ١ . وقالوا عن الكسور إذا كان المقام فيها العدد ١ إنها هى بعينها الأعداد الصحيحة المكونة للبسوط ، فمثلا $\frac{٥}{١}$ هى بعينها ٥ . والأعداد أو الكميات الصماء هى الكميات الجذرية أو المنطقيةrationnelle وذلك لأن العدد الأصم وليكن $\sqrt{٢}$ هو بعينه كسر بين كسرين أحدهما أكبر منه والآخر أصغر منه . ولنأخذ مثلا النسبة التقريبية ٣ر١٤١٥٩ فهذا العدد الأصم هو عبارة عن عدد كسرى أصغر من ٣ر١٤١٦ وأكبر من ٣ر١٤١٥ .

وعلى هذا جعلت الأعداد الصماء نوعاً يدخل ضمن الأعداد الكسرية وبالتالى الأعداد الصحيحة . وتكون من مجموع هذه الأعداد كلها : الصحيحة والموجبة والسالبة والكسرية والصماء ما يسمى بمجموع الأعداد الحقيقية real numbers وذلك فى مقابل النوع الآخر من الأعداد وهو الأعداد التخيلية المركبة . والأعداد التخيلية المركبة هى عبارة عن عدد تخيلى مع عدد حقيقى ، والعدد التخيلى هو عبارة عن جذر أى عدد سالب . ونشرح هذا قليلا فنقول : إن جذر العدد السالب وليكن جذر — ١ هذا هو ما نسميه باسم المقدار التخيلى ومعنى هذا أن $\sqrt{-١} \times \sqrt{-١} = -١$ وعلى هذا فإن $\sqrt{-١} \times \sqrt{-١} = -١$. وفى استطاعتنا بعد هذا أن نحدد مقدار $\sqrt{-١}$ بواسطة جذر $\sqrt{-١}$ لأن المراد فى النهاية الوصول إلى $\sqrt{-١}$ بوصفه الوحدة التخيلية .

فإذن الوحدة ستكون جذر -١ ($\sqrt{-١}$) ولنرمز لها بالحرف ت

فإذا بحثنا بعد هذا فى قوى الوحدة التخيلية وجدناها :

$ت^{٢} = -١ \quad ت^{٣} = -ت$

$ت^{٤} = +١$

$ت^{٥} = +ت$

$ت^{٦} = -١$

$ت^{٧} = -ت \qquad ت^{٨} = +١$

وتستمر العملية على التوالى فى دورات رباعية . والأعداد التخيلية المركبة هى التى يكون فيها جزء حقيقى وجزء تخيلى مثل $ا + ت ب$ ، وتسمى الكميتان التخيليتان المركبتان اللتان لا تفترقان إلا بواسطة العلامة السابقة على الجزء التخيلى بأنهما كميتان مترافقتان conjugate وجمع وضرب الكميات التخيلية المركبة المترافقة سنصل إلى كميات حقيقية . فمثلا إذا جمعنا :

$ا + ت ب + ا - ت ب = ٢ ا$ (وهو عدد حقيقى)

وكذلك إذا ضربنا الكميتين فأصبحتا

$ا + ت ب \times ا - ت ب = ا^{٢} - ا ت ب + ا ت ب + ا^{٢}$

$= ٢ ا^{٢}$ [(١)] وهذه كمية حقيقية

والقسمة تتم كما يلى — وتستعمل دائماً فى تحويل كسر مقامه تخيلى إلى كسر آخر مقامه حقيقى وذلك يتم بضرب البسط والمقام فى مرافق المقام : —

---

(١) $ا^{٢} - (ت ب)^{٢} = ا^{٢} - [\sqrt{-١} \times ب]^{٢} = ا^{٢} - (-١ \times ب^{٢}) = ا^{٢} + ب^{٢}$.

$$\frac{\text{٢} + \text{ت}}{\text{٣} + \text{٤ت}} = \frac{(\text{٢} + \text{ت})(\text{٣} - \text{٤ت})}{(\text{٣} + \text{٤ت})(\text{٣} - \text{٤ت})} = \frac{\text{٦} - \text{٨ت} + \text{٣ت} - \text{٤ت}^{\text{٢}}}{\text{٩} + \text{١٢ت} - \text{١٢ت} - \text{١٦ت}^{\text{٢}}}$$

$$= \frac{\text{٦} - \text{٥ت} - \text{٤ت}^{\text{٢}}}{\text{٩} - \text{١٦ت}^{\text{٢}}} \text{ ، } = \frac{\text{٦} + \text{٥ت} + \text{٤}}{\text{٩} + \text{١٦}}$$

$$= \frac{\text{١٠} - \text{٥ت}}{\text{٢٥}} = \frac{\text{٢} - \text{ت}}{\text{٥}}$$

فمن التعريف $\sqrt{-\text{١}} \times \sqrt{-\text{١}} = -\text{١}$

وبضرب كلا الطرفين فى ($\sqrt{\text{١}}$ $\sqrt{\text{١}}$) إذن ينتج

$$\sqrt{\text{١}} \times \sqrt{-\text{١}} \times \sqrt{-\text{١}} \times \sqrt{\text{١}} = -\text{١} \times \text{١}$$

إذن $(\sqrt{\text{١}} \times \sqrt{-\text{١}})^{\text{٢}} = -\text{١}$

إذن $\sqrt{-\text{١}} = \sqrt{\text{١}} \times \sqrt{-\text{١}}$

ونستطيع بعد هذا — وفقاً لما وصلنا إليه من تحديدات حتى الآن لمعنى العدد والإضافات وخواص الإضافات — أن نعرف هذه الأنواع من الامتداد للعدد تعريفات دقيقة وفقاً لفكرة الإضافة وخواص الإضافة خصوصاً فكرة التضايف المشترك ، ولنبدأ بالأعداد السالبة والموجبة فنقول : إننا لو فرضنا عددين أحدهما موجب والآخر السالب وليكن الواحد + ١ والآخر — ١ فمن الواضح أولاً أن مجال أحدهما معكوس مجال الآخر ، ومن الواضح ثانياً أن العدد + ١ هو الإضافة الموجودة بين ع + ١ ، ع ، مع افتراضنا أن ع أى عدد ، وأن العدد — ١ هو الإضافة الموجودة بين ع ، ع + ١ ، وبتعميمنا لهذه القاعدة فإننا نستطيع أن نقول أننا لو أخذنا + م فإنه يعرف بأنه الإضافة القائمة بين

ع + م ، ع وأن — م هى الإضافة القائمة بين ع ، ع — م . والمشاهد فى هذه الإضافة أنها متصفة بصفة التضايف المشترك على أساس الواحد والواحد ، لأنها نسبة ثابتة قائمة دائماً بين ع + م ، ع ، أو فى حالة السلب بين ع و ع ∓ م . وفى هذا كله يشاهد أن + م أو — م تدل على إضافة ولا تدل على عدد مفرد قائم بذاته ، ومن هنا الاختلاف بين + م ، م أو + ١ ، ١ إلى آخره . فالواقع أن ثمة فارقاً كبيراً بين + م و م وهذا ظاهر من كون الأول إضافة والثانى ليس بإضافة .

٢٠ — ولنبحث بعد هذا فى الأعداد الكسرية وهى تكون طائفة أكبر أهمية من الناحية المنطقية من طائفة الأعداد السالبة والموجبة وقد بحثها خصوصاً من ناحية المقياس هويتهد فى كتاب *"Principia Mathematica"* ولكن رسل يحاول أن يعرفها من ناحية ما هى عليه لا من ناحية وظيفتها الأصلية فى المقياس لأن الأصل فى استخدام الكسور هو استخدامها فى المقياس ، ولتعريفها — ولنفرض الكسر $\frac{م}{ن}$ — نقول إن الكسر هو الإضافة الموجودة بين س و ص بحيث تكون م ص = ن س . ولو نظرنا فى هذه الإضافة وجدنا أنها إضافة ثابتة متضايفة مشتركة من نوع الواحد والواحد : هذا بشرط ألا تكون س أو ص العدد صفر ، وفيما عدا هذا كما سيتبين بعد قليل نجد دائماً أن الكسر $\frac{م}{ن}$ هو الإضافة الموجودة بين س ، ص بحيث تكون م ص = ن س . فإذا نظرنا بعد هذا فى الكسور التى يكون المقام فيها العدد ١ فإننا سنجد أن الكسر وليكن $\frac{م}{١}$ هو الإضافة الموجودة بين س و ص بحيث تكون م ص = ن س أو العكس س = م ص . ومن الواضح أن هذه الإضافة متضايفة مشتركة وأنها من نوع الواحد والواحد لأن القيم هنا متعينة أو معلومة ، بينما العدد م فقط

لا يعبر عن أية إضافة بل هو عدد مفرد ، فليس بصحيح إذن أن الكسور التى تكون مقاماتها الوحدة هى بعينها البسوط .

أما إذا كان الكسر بسطه صفر على صورة $\frac{صفر}{م}$ فإنه يعبر عن إضافة وهذه الإضافة قيمتها صفر ، ولكن هذا الصفر ليس هو الصفر الحد الأعلى للأعداد إنما يعبر عن نسبة لو أخرجنا مقدارها لأنتجت صفراً ، وهذه الإضافة فى هذه الحالة إضافة ثابتة متضايفة مشتركة ولكنها من نوع الواحد والكثير one-many . أما إذا جعلنا الصفر هو المقام على الصورة $\frac{م}{صفر}$ فإن لدينا هنا نسبة لا يمكن أن يعبر عنها بأى عدد متناه ولذلك تسمى باللانهاية ويرمز إليها هكذا ∞ وهنا يلاحظ أن اللامتناهى هنا هو اللامتناهى المستخدم عادة فى القيم الرياضية وقيمته ضئيلة جداً حتى أن من الممكن استبعاده — بخلاف اللامتناهى الكنتورى فهذا على أخطر درجة من الأهمية فى الرياضيات ولولا ضيق المقام لتحدثنا عنه . ومن المشاهد جلياً أن الكسر فى هذه الحالة يعبر عن إضافة ثابتة مشتركة من نوع الكثير والواحد . ولو نظرنا بعد هذا فى قيمة الكسور من حيث الكبر والصغر فإننا سنجد أننا هنا أيضاً بإزاء إضافات ولكنها إضافات لا يمكن أن نجد بينها تتالياً مباشراً ، فإذا أخذنا مثلا $\frac{م}{ه}$ ، $\frac{ن}{ت}$ بحيث يكون الكسر $\frac{م}{ه}$ أقل من الكسر $\frac{ن}{ت}$ فإننا سنجد دائماً أنه لا بد من وجود كسور متوسطة بين أى كسرين أخذتهما مهما كان من قرب تساويهما بحيث لا يمكن الفراغ من النسبة القائمة بينهما . والدليل على ذلك أن $\frac{م+ن}{ه+ت}$ هو أكبر من $\frac{م}{ه}$ وأقل من $\frac{ن}{ت}$. وهذا مايسمى باسم اللامتناهى وفقاً لما هو معروف فى اللامتناهى العادى غير الكنتورى باسم بديهية اللامتناهى . وتسمى السلسلة التى من هذا النوع باسم السلسلة المكتظة compact أى التى يوجد بينها دائماً وإلى ما لانهاية

كسور أياً ما كانت هذه الكسور ومهما اقترب التساوى بين كسر وكسر آخر .

٢١ — وهنا لصل إلى القسم الثالث الذى هو أطرف هذه الأنواع وهو الأعداد الصماء . وقد اكتشفت أولا عن طريق الهندسة حينما بحث فيثاغورس فى قطر المربع لكى يقيسه فوجد أن هذا القطر يتحدى فى قياسه أحياناً كل الحساب وذلك حينما يكون الضلع مساوياً للوحدة . فإن القطر فى هذ الحالة سيساوى $\sqrt{٢}$ ، ولا نستطيع أن نستخرج كسراً أياً كان يعبر عن $\sqrt{٢}$ ومن هنا سمى بالعدد الأصم . وقد برهن على استحالة وجود هذا الكسر إقليدس فى المقالة الثالثة عشرة من كتاب أصول الهندسة ، القضية رقم ١١٧ والبرهان واضح بسيط ولذا يجب أن نعرضه .

البرهان : لنفرض أن جذر العدد ٢ هو $\frac{م}{ه}$ ، فإننا سنجد أن $٢ = \frac{م^{٢}}{ه^{٢}}$

إذن $م^{٢} = ٢ ه^{٢}$

$\therefore$ $م^{٢}$ عدد زوجى

$\therefore$ م عدد زوجى لأن مربع أى عدد فردى يجب أن يكون فردياً كذلك.

$\therefore$ $م^{٢}$ تقبل القسمة على ٤ لأننا لو فرضنا أن ص نصف م

فإن م ستساوى ٢ ص ، إذن $م^{٢} = ٤ ص^{٢}$ ، إذن $٢ ه^{٢} = ٤ ص^{٢}$

إذن $ه^{٢} = ٢ ص^{٢}$ إذن $٢ = \frac{ه^{٢}}{ص^{٢}}$ $\therefore \sqrt{٢} = \frac{ه}{ص}$ فكأن $\frac{ه}{ص}$ ستكون إذن الجذر التربيعى للعدد ٢

وبالمثل نستطيع بالاستمرار فى البرهان أن نفرض أن $ه = ٢ ك$ إذن $ه^{٢} = ٤ ك^{٢}$

$\therefore ٢ ص^{٢} = ٤ ك^{٢}$ $\therefore ص^{٢} = ٢ ك^{٢}$ $\therefore \sqrt{٢} = \frac{ص}{ك}$

وفي كل هذه الأحوال نجد دائماً أننا مهما قسمنا البسط أو المقام على ٢ فإننا سنستمر خلال سلسلة لا تنتهي من الأعداد التي تنقسم على ٢ ولكن هذا مستحيل لأن أي عدد زوجي يقسم على ٢ ، لا بد بعد عدد متناه من العمليات أن يفضي إلى عدد فردي . إذن لا وجود لمثل هذا الكسر ، إذن لا يمكن أن يوجد مقدار مشترك هو $\frac{م}{ن}$ ، إذن لا يوجد جذر للعدد ٢ .

ويقدم إقليدس برهاناً آخر أبسط من هذا بأن يقول : لنفرض أن الكميتين المشتركتين هما ا و ب : ا الضلع ، ب القطر . فلنرد هاتين الكميتين إلى أدنى قيمهما ، وذلك بالإتيان بالقاسم المشترك الأعظم وقسمته على كل من العددين فنصل حينئذ إلى عددين أحدهما أولي بالنسبة إلى الآخر ، أي إذا كان أحدهما فرداً فالآخر زوج والعكس بالعكس .

البرهان : (تبعاً لنظرية ٢٩) $ب^٢ = ٢ ا^٢$

$\therefore$ $ب^٢$ = عدد زوجي

ب = عدد زوجي

ولكن لابد أن تكون ا في هذه الحالة — ما دامت ب عدداً زوجياً — عدداً فردياً . ولما كانت ب عدداً زوجياً فيمكن أن يرمز إليها بالرمز ٢ ع .

وعلى هذا فإن :

$$(٢ ع)^٢ = ٢ ا^٢ \quad \therefore \quad ا^٢ = \frac{(٢ ع)^٢}{٢} = ٢ ع^٢$$

$\therefore$ $ا^٢ = ٢ ع^٢$ $\therefore$ $ا^٢$ عدد زوجي إذن ا عدد زوجي .

ولكننا قلنا من قبل إنه عدد فردي — وهذا خلف ، إذن الفرض الأصلي غير صحيح وهو أن تكون ا ، ب مشتركتين ، إذن هما غير مشتركتين .

وقد ظهر هذا البرهان وهذه النتيجة وكأنهما تحـد من الطبيعة للرياضيات بإثباتها أنه ليس من الممكن رد كل شيء إلى تعبير بلغـة أو بدلالة الواحد ، وكانت المسألة قد نشأت فى البدء عن اعتبارات هندسية من حيث إيجاد قطر المربع الذى يكون ضلع المربع فيه يساوى الوحدة ، ولـكنها امتدت فى العصور الحديثة إلى الجبر فأصبحت جزءاً من التحليل . فلـكى يمكن استخراج $\sqrt{2}$ علينا أن نفترض فى هذه الحالة أن ثمـة مجموعة من النسب يكون مربعها أقل من ٢ وإذا أخذنا أى مقدار ليكون الفارق بين العـدد ٢ وآخر مربع كسر نصل اليه مما يكون لايزال أقل ٢ وليكن هذا المقدار مثلا واحد على تريليون — فانه لابد أن يستمر هـذا الفارق موجوداً باستمرار . كما أننا إذا أتينا بكسور بطريقة تنازلية لـكى نصل إلى جذر العدد ٢ فان الحد الأدنى لمربع هـذه الجذور سيكون دائماً أكبر من العدد ٢ ، وهكذا لو أننا أحطنا جذر العدد ٢ بحبل يدور حواليه فإننا لن نصل إطلاقاً إلى تحديد هذا المقدار وهو $\sqrt{2}$.

ومن هنا نستطيع أن نمثل هـذه الحالة بوجود سلسلتين : إحداهما تصاعدية مهما علونا فيها فلن يزيد مربع آخر كسورها عن العدد ٢ كما أن ثمة سلسلة أخرى تنازلية لن يقل الأدنى من كسورها عن العدد ٢ . ومن هنا قسم Dedekind الأحوال الممكنة فى هذه النقطة أى نقطة جذر ٢ أو ما يشابهها بأن سمى هذه النقطة باسم الشق ، وسمى فيما بعد باسم الشق الديديكندى . ويمكن أن تـكون له أحوال أربع :

١ — أن يكون للـكمية العليا حد أدنى ، وأن يكون للـكمية الدنيا حد أعلى ؛ وهذا لا يتيسر إلا بالنسبة للأعداد المترتبة أى الأعداد الطبيعية فى ترتيبها الطبيعى : فمثلا بالنسبة إلى العدد ٥ فى ترتيب الأعداد الطبيعية ستكون هى بعينها الحد الأدنى للسلسلة العليا ، وستكون هى الحد الأعلى بالنسبة إلى السلسلة الدنيا .

٢ — أن لا يكون للعليا حد أدنى ، ويكون للدنيا حد أعلى .

٣ — أن يكون للعليا حد أدنى ، ولا يكون للدنيا حد أعلى .

٤ — أن لا يكون للدنيا حد أعلى ، ولا للعليا حد أدنى ، وهذه الحالة الأخيرة هى الخاصة بالأعداد الصماء . ويمكن أن نسمى السلسلة الدنيا باسم « القطاع » segment فاذا كان له حد كان ذلك عدداً حقيقياً ، وإن لم يكن له حد كان ذلك عدداً أصم . ومن هنا نستطيع أن نعرف الأعداد الحقيقية والأعداد الحقيقية الصماء والأعداد الحقيقية الجذرية كما يلى :

العدد الحقيقى هو المكون من قطاع لسلسلة من الكسور تترتب وفقاً للمقدار .

والعدد الحقيقى الأصم هو القطاع الذى لا يكون له حد .

والعدد الحقيقى الجذرى هو المكون من القطاع الذى يكون له حد .

وهنا نصل أخيراً إلى الأعداد التخيلية فنجد أن الأصل فى إيجادها هو حل المعادلات . فنحن نريد أن يكون فى وسعنا أن نستخرج جذرين للمعادلات التى من الدرجة الثانية ، وثلاثة جذور للمعادلات التى من الدرجة الثالثة وهكذا ... ولكننا إذا اقتصرنا على الأعداد الحقيقية لم نستطع . فمثلاً المعادلة ص^{٢} + ١ = صفر ، لا نجد لها أى جذر هو عدد حقيقى . ص^{٢} + ١ = صفر ؛ ص^{٢} = صفر — ١ ∴ ص^{٢} = — ١ .

∴ ص = $\sqrt{-١}$. و $\sqrt{-١}$ عدد تخيلى وليس عدداً حقيقياً .

وكذلك إذا أخذنا المعادلة الآتية من الدرجة الثالثة س^{٣} — ١ = صفر فإن هذه ليس لها غير جذر واحد .

س^٣ = صفر + ١ ∴ س^٣ = ١ ∴ س = ١

فاستخراج الجذرين الباقيين لن يتم إلا باستخراج الأعداد التخيلية .

ونستطيع أن نعرف وفقاً لما قلناه العدد التخيلي بأنه هو زوج مرتب من الأعداد الحقيقيـــة . فيتصف إذن بالخواص التالية : أنه مكون من عددين حقيقيين . وثانياً : أن أحد العددين لابد أن يسبق الآخر بالضرورة لأن الزوج مرتب . وأنه لـكي يكون أى عددين تخيليين متساويين فيجب أن يكون العدد الحقيقي فى القسم الأول هو بعينه العدد الحقيقي فى القسم الأول من الـكمية الثانية وأن يكون العدد الحقيقي فى القسم الثانى هو بعينه العـدد الحقيق فى القسم الثانى من الـكمية الأخرى ويمكن تمثيل الأعداد التخيلية بواسطة الهندسة ، كما بين هذا كلفورد فى كتابه Common sense of the exact sciences .

٢٢ — وبهذا كله نـكون قد بينا النظرية الجديدة لفلسفة الرياضيات وطريقة البرهنة فيها . ويلاحظ عليها ما يلى : أولا أن الرياضيات تقوم كلها على أساس طائفة قليلة من الأفـكار الأولية والمبادىء البسيطة التى تفترض افتراضـاً بوصفها تعريفات . ثانياً أن الرياضيات فى تكوينها لا تخضع لأى شىء آخر غير العمليات المنطقية وليست الرياضة فى الواقع غير نماء لمنطق سابق . ثالثاً أن الاستدلال يتم فى هذه الحالة وفقاً لما فى التعريف ولا يخرج عنه إطلاقاً ، وبعبارة أخرى أن هاهنا تحصيل حاصل مستمراً وليس ثمة أية جدة والأمر متوقف على المفترضات وهى توضع دائماً فى صيغة الشرط : إذا كان كذا كان كذا ، ومادامت الرياضيات تقوم فى مقدماتها على قضايا شرطية فالرياضيات كلها شرطية تخيلية مجردة لا صلة لها بالحقيقة الواقعية يمكن أن تنطبق أو لا تنطبق فى العالم الخارجى وستكون كالمنطق سواء بسواء وليس ثمة من فارق بين المنطق والرياضة اللهم إلا فى أن الرياضة تطور للمنطق ،

فالمنطق هو الرياضة فى دور الطفولة ، والرياضة هى المنطق فى دور الرجولة — على حد تعبير رسل .

وبهذا تكون النظرية الجديدة قد قضت على كل هذه التخرصات التى قال بها الفلاسفة والرياضيون أن البرهان الرياضى يقوم على الجِدّة وأن فيه تركيباً باستمرار وانتقالا من بسيط إلى مركب وأنه يقوم على أساس ما يسميه كَنْت باسم القضايا التركيبية القبلية : فلا وجود للقبلية هنا إلا إذا اعتبرناها افتراضاً ذهنياً كما أنه لا وجود للتركيب لأن المسألة مسألة استدلال يجرى فى نطاق ما هو وارد فى المبادىء أو المفترضات أو المصادرات ولا يخرج عنه . وهو إذن تحصيل حاصل مطلق ولا معنى بعد لأن نضيف إلى الرياضة والاستدلال الرياضى هذا السر الموهوم للتركيب فيما زعمه هؤلاء الفلاسفة والرياضيون .

ورسل فى هذا يقول إنه يعود إلى ليبنتس ولكنه فى الواقع يخرج عن هذه التقاليد الرياضية أو الفلسفية وينتهى بالرياضة إلى جعلها جزءاً من المنطق وإلى جعل المنطق جزءاً من الرياضة . فقد رأينا خلال هذا البحث أننا قد استطعنا أن نحدد كل الاعداد وفقاً للأفكار الأولية التى عرفناها مع ذلك على أساس منطقى بالنظر إلى الخواص المنطقية للاضافات ، فكأن الأساس فى كل النظام الرياضى هو الخواص الصورية للاضافات ، وعلى ذلك تنحل الرياضة فى النهاية إلى أن تكوّن نوعاً من المنطق أو نحواً منه .

المنهج الاستدلالى

١ — معنى الاستدلال :

الاستدلال هو البرهان الذى يبـــدأ من قضايا يسلم بهـا ، ويسير إلى قضايا أخرى تنتج عنها بالضرورة ، دون التجاء إلى التجربة ؛ وهذا السير إما بواسطة القول أو بواسطة الحساب . فالرياضى الذى يجرى عمليـات حسابية دون إجراء تجارب ، يقوم بعملية استدلال . ولا يقتصر استعماله على الرياضيات ، بل نجده فى كل فرع من فروع العلم ، كما نعثر به فى الحياة العملية . فالقاضى الذى يستدل اعتماداً على ما لديه من وثائق ، والمضارب الذى يستدل وفقاً للمعروض والمطلوب من الأوراق المالية يقوم كلاهما بنفس العملية التى يقوم بها الرياضى وهو يحسب أو يستنتج نظريات هندسية .

وخليق بنا أن نفرّق بين الاستدلال كعملية منطقية ، والاستدلال كسلوك منهجى لتحصيل الحقيقة . فالاستدلال كعملية منطقية أولية هو كل برهان دقيق ، مثل القياس أو الحساب الخ . أما الاستدلال كمنهج فهو السـلوك العام المستخدم فى العلوم ، والرياضة منها خصوصاً ، وهو عبارة عن التسلسل المنطقى المنتقل من مبادىء أو قضايا أولية إلى قضايا أخرى تستخلص منها بالضرورة ، دون التجاء إلى التجربة . وذلك فى مقابل المنهج الاستقرائى أو التجريبى القائم على الملاحظة والتجربة .

والطابع المميز الرئيسى فى كل استدلال هو الدقة[1] . وعدم الدقة يحدث فى الأحوال التالية .

---

(١) راجع كلود شفاليه « الدقة والمنهج البديهى » ، فى ، مباحث فلسفية ، ج ٢ ، ص ٢٥٧ — ص ٢٦١ .

Claude Chevalley : "*Rigueur et méthode axiomatique*", in, *Rech. Philosophiques*, t. II.

١ — حينما يُدخل المرء فى البرهان قضية ، وإن كانت تظهر له بينة ، فإنها ليست نتيجة برهنة سابقة ، من غير أن يشير إلى ذلك صراحة ؛

٢ — أو حينما يدخل موضوعاً لم يثبت من قبل وجوده ؛

٣ — أو حينما يغفل تحديد لفظ مستخدم فى البرهنة أو فى النتيجة .

فلكى تتوافر للاستدلال صفة الدقة لا بد إذن من أن نحتاط فلا ندخل فى البرهان قضايا أو تصورات لا يمكن تبريرها إلا بواسطة التجربة . حقاً إن للمرء الحق فى أن يأتى بقضايا جديدة ، فى داخل البرهنة ، ولكن بشرط أن يشير إلى ذلك صراحة ، كما له أن يدخل أفكاراً جديدة ، ولكن على أن يحددها بالدقة ويبين المعنى الذى يريد أن يفهمها به .

كما يجب أن نفرق من ناحية أخرى بين الاستدلال والبرهنة . فالاستدلال عملية منطقية فيها ننتقل من قضايا منظوراً اليهـا فى ذاتها (بصرف النظر عن صدقها أو كذبها) إلى قضايا أخرى ناتجـة عنها بالضرورة ووفقاً لقواعد منطقية خالصة ؛ أما البرهنة démonstration فأخص من الاستدلال ، إذ هى استدلال يراعى فيه التسليم بصدق المقـدمات ، وبالتالى يرمى إلى إثبات صحة النتيجة . فالاستدلال إذن لا يحدثنا عن صـدق النتائج ، وإنما عن صدورها ضرورة عن مقدمات معلومة ؛ أما البرهنة فتخبرنا بصدق ما نصل اليه من نتائج لأنها تقوم على التسليم بصدق المقدمات .

٢ — النظام الاستدلالى :

ونحن لو نظرنا فى أى استدلال ، لوجـدناه يبدأ من قضايا ويسير منها إلى أخرى تنتج عنها ضرورة . وقد تكون القضايا الأولى مستنتجة من قضايا سابقة

عليها فى داخل هذا العلم الواحد الذى تنتسب إليه تلك القضايا ، ولكن هذا الاستنتاج لا يستمر فى داخل ذلك العلم الواحد المعين على الأقل ، إلى غير نهاية . بل لا بد من التوقف عند قضايا لا يبرهن عليها ، أو غير قابلة للبرهنة عليها فى هذا العلم . ولهذا تسمى بالقضايا الأولية . ومثلها التصورات الأولية التى لا تقبل أن تعرف ، على الأقل فى هذا العلم . ومن هذه القضايا الأولية والتصورات الأولية التى تسمى المبادىء يستنتج الإنسان باستمرار قضايا أو تصورات أخرى استنتاجاً ضرورياً ، وفقاً لقواعد المنطق وحده ، وهذه القضايا المستنتجة تسمى النظريات théorèmes . فكأن الاستدلال يكون إذن نظاماً système من المبادىء والنظريات ، هو ما يعرف باسم النظام الاستدلالى .

فالنظام الاستدلالى أو النظرية الاستدلالية كما يقول لوى روچييه(١) « تقوم على أساس الابتداء من عدد ضئيل من الموضوعات غير القابلة للتحديد ، والقضايا غير القابلة للبرهنة ، من أجل تركيب موضوعات جديدة موجودة منطقياً ، بواسطة العمليات المنطقية وحدها ؛ ومن أجل استنتاج قضايا جديدة صادقة بالضرورة ، وفقاً لقواعد الحساب المنطقى وحدها ، على فرض أن الموضوعات الأولية والقضايا الأولية ليست متناقضة » .

« وتبعاً لهذا التعريف ، تتكون كل نظرية استدلالية من عملية رد مزدوجة : رد التصورات بعضها إلى بعض بواسطة التعريف ، ورد القضايا بعضها إلى بعض بواسطة البرهنة . وتعريف التصور معناه رده ، بواسطة عمليات المنطق وحدها ، إلى مزيج من تصورات أكثر بساطة ؛ أما البرهنة على قضية ، فمعناها ردها ،

---

(١) لوى روچييه : تركيب النظريات الاستدلالية ، باريس سنة ١٩٢١ ، ص ٦٣ :
Louis Rougier : ***La Structure des théories déductives.***

بواسطة تضمنات بسيطة وإنابات ممكنة تسمح بها قواعد الحساب المنطق ، إلى مزيج صورى من قضايا أخرى ، يسلم بصحتها أو برهن عليها من قبل . وعملية الرد المزدوج هذه لا يمكن أن تتابع إلى غير نهاية ؛ بل لا مناص من الوقوف عند عدد ضئيل من التصورات غير القابلة للتحديد ، يمكن أن نرد إليها كل التصورات الأخرى ، بواسطة تعريفات لفظية ، وعند عدد قليل من القضايا غير القابلة للبرهنة يمكن أن نرد اليها كل القضايا الأخرى ، بواسطة البرهنات » .

٣ — والنظام الاستدلالى ليس نظاماً مطلقاً ، أى ضرورى اليقين ، بل إنه يتصف بثلاث صفات حددها روجييه بوضوح (ص ٦٥ وما يليها) هى : أنه اصطلاحى ؛ وأنه غير معين ؛ وأنه ، مع ذلك ، غير اعتباطى :

(ا) فهو أولاً اصطلاحى بمعنى أن كلمة « غير قابل للحد » ، « وغير قابل للبرهنة » ، فى إطلاقهما على التصورات والقضايا الأولية ، يجب أن لا يفهما بمعنى مطلق ، أعنى بمعنى أنه ليس من الممكن إطلاقاً تعريف هذه التصورات ولا البرهنة على تلك القضايا . وإنما تتصف التصورات الأولية والقضايا الأولية بهاتين الصفتين بالنسبة إلى نظام من التعريفات والبرهنات معين ، حتى إنه من الممكن أن يبرهن على هذه القضايا وأن تعرّف تلك التصورات بالنسبة إلى نظام آخر . فإذا أخذنا مثلاً هندسة إقليدس ، فإننا نجد من الممكن استخدام أنواع لا حصر لها من نظم التصورات والقضايا الأولية ، وكلها متساوية القيمة . فبيانو Peano يتخذ كتصورات أولية لهذه الهندسة النقطة والقطعة ؛ وبيرى Pieri يتخذ للنقطة والحركة ؛ وفبلن Veblen ، النقطة والترتيب ؛ وبادوا Padua النقطة ، والبعد بين نقطتين ؛ وهلبرت Hilbert النقطة ، والمستقيم ، والمستوى ، وواقع على ، وواقع بين ، ومواز ل . ووفقاً لاختلاف هذه التصورات الأولية ، تختلف القضايا الأولية فى كل حالة .

فكل نظام من هذه الأنظمة مساو في القيمة للآخر ، بمعنى أن من الممكن أن يستنتج منه نفس المجموع من القضايا ؛ والأمر يتوقف إذن على النتائج التي يصل إليها المرء ابتداء من التصورات والقضايا الأولية التي فرضها . ولا معنى بعد للتحدث عن عدم القابلية المطلقة للبرهنة على أية قضية أولية أو للتعريف لأي تصور أولي ، بل تتوقف هاتان الصفتان على نظام الإشارة ؛ كما هي الحال تماماً في التحدث عن السكون والحركة بالنسبة إلى جسم ما ، فإن هذا لا معنى له إلا بالنسبة إلى نظام من الإحداثيات يشار إليه . وعلى هذا فلا معنى مطلقاً للتساؤل عن إمكان البرهنة على مصادرة إقليدس مثلا ، إلا إذا كان ذلك بالنسبة إلى بقية المصادرات الإقليدية . وهذا يفسر عبث المناقشات التي قام بها أهل الهندسة ابتداء من أبرقلس حول إمكان البرهنة على تلك المصادرة . وإنما هذه المصادرة لو أخذت على أنها غير قابلة للبرهنة ، لأدت بنا إلى القول بأن زوايا المثلث مجموعها يساوي قائمتين وأن ثمة مثلثات أو أشكالا متطابقة . ونحن نستطيع من جهة أخرى ، إذا ابتدأنا من هاتين القضيتين ، أن نبرهن على مصادرة إقليدس .

(ب) والصفة الثانية أن اختيار النظام الاستدلالي غير معين ، بمعنى أننا لا نضيف إلى الأفكار الأولية أي معنى خاص ، عياني ، كياني ؛ بل يجب أن نعد هذه الأفكار رموزاً غير محددة نجري عليها العمليات التي يسمح بها الحساب المنطقي ، دون نظر إلى ما تمثله مادياً . ولهذا فائدة كبرى في أن مثل هذه الطريقة تسمح باستبعاد كل إهابة بالعيان في سلسلة الاستدلالات ، تلك الإهابة التي تفضي إلى أن ندخل سراً مصادرة جديدة مما من شأنه أن ينقص من الدقة ، وأن يحيل الضرورة الاستدلالية إلى بينة واقعية .

ولعدم التعين هذا فائدة في التعميم . إذ سيكون للنظام الاستدلالي طابع شكلي أو صوري خالص ، فيمكن أن ينطبق على أية مادة أياً كانت ، مما يسمح

بتفسيره تفسيرات عدة . فبونكاريه Poincaré قد استطاع أن يقدم ثلاثة تفسيرات إقليدية لهندسة لوبتشفسكى ، منظوراً إليها من الناحية الصورية الخالصة . وهذا ما جعله يقول : « إن الرياضيين لا يدرسون موضوعات ، بل إضافات ونسباً بين الموضوعات ؛ فلا يعنيهم إذاً أن يستبدلوا بهذه الموضوعات غيرها ، بشرط أن لا تتغير الإضافات . فالمادة لا تعنيهم ، إنما الصورة وحدها هى التى تهمهم »[1] .

• (ح) ولكن ، على الرغم من أن اختيار نظام استدلالى اصطلاحى وغير معين ، فإنه ليس اعتباطياً ، يجرى كما يهوى المرء ، بل يجب أن يلتزم حدود شرطين ضروريين ، هما : الكفاية والإحكام .

فالنظام الاستدلالى يكون كافياً ، إذا هيأ لنا ، لو بدأنا من التصورات والقضايا التى اخترناها أولية ، أن نحد كل التصورات الأخرى ، ونبرهن على كل القضايا الأخرى فى العلم المعين . ويكون محكماً ، إذا كانت القضايا الأولية متوافقة ، أى لا تؤدى إلى تناقض فيما بعد .

ولكى نتحقق من وجود الإحكام ، لدينا منهجان : الواحد عيانى ، والآخر منطقى . فالمنهج الأول يقوم على المبدأ الذى يقول : « كل ما هو واقعى ممكن » ، والواقعى هو ما يوجد فى التجربة أو يمكن أن يصور عيانياً . فنستطيع مثلا أن نبرهن على إحكام بديهيات إقليدس بأن نبين أنها تصير قضايا صادقة حينما ننظر إلى النقط ، وأصناف النقط وإضافاتها المكانية كأنها الموضوعات والإضافات المعينة التى تشير إليها .

والمنهج الثانى ، أو المنطقى يقوم على أساس التسليم بإحكام الأفكار والقضايا

---

(١) هنرى بونكاريه : « العلم والفرض » ، ص ٣٢ .

الأولية لنظرية ما ، ثم البحث فى إعطاء الرموز غير المحددة لنظرية أخرى ، تفسيراً قائماً على النظرية الأولى . فمثلاً إذا سلمنا بإحكام المصادرات فى الهندسة العادية ، نحاول بعد هذا أن نرد إلى هذه المصادرات قضايا الهندسات اللاإقليدية . وإحكام القضايا الإقليدية يمكن بدوره أن يثبت بواسطة مبادىء التحليل ، بأن نترجم القضايا الهندسية إلى معادلات وذلك باستخدام الإحداثيات ؛ مما يفضى بنا إلى إضافات تحليلية يتوقف عدم تناقضها على عدم تناقض مبادىء الحساب ، وذلك تبعاً لاحتساب الرياضيات . ومبادىء الحساب يمكن بدورها أن تفسر بواسطة المنطق الرياضى ، كما بين ذلك رسل وهويتهد . وكأن إحكام العلوم الرياضية قد رد إلى إحكام المنطق الرياضى .

تلك هى الخصائص الثلاث الرئيسية التى يجب أن تتوافر فى كل نظام استدلالى ؛ وقد يضاف إليها صفات أخرى ثانوية ، أهمها استقلال الأفكار والقضايا الأولية ، واقتصادها إلى أكبر درجة ، وكونها خصبة .

فالقضايا الأولية تكون مستقلة ، إذا لم تكن إحداها تتحدد بواسطة الأخرى ، ابتداء من المصادرات التى تحدد إضافاتها ، وتكون موجزة حينما نختصر عددها إلى أقل عدد ممكن ؛ وتكون خصبة إذا تضمنت كثيراً من النظريات .

٤ — تكوين النظم الاستدلالية :

وقد رأينا من قبل فى عرضنا لتكوين الرياضيات أن العلوم الرياضية قد تكونت بانضمام أفكار بعضها إلى بعض سائرين من تجريد إلى تجريد أعلى حتى نصل إلى درجة نستطيع فيها أن نكون بناء محكماً من الأفكار والقضايا الأولية والنظريات ، كما هو الحال مثلاً فى هندسة إقليدس وجبرڤيت . فكل

نظام استدلالى لا يتكون إذاً دفعة واحدة ، كما أنه لا يكون دقيقاً كل الدقة ، إذ لا يزال يبقى به كثير من القضايا الدخيلة والتصورات المتطفلة التى لا تنتسب إلى القضايا والتصورات الأولية التى بدأ منها العلم ، بل تقوم على عيانات وامتثالات مما يفقد هذا النظام الاستدلالى الكثير من دقته . فكثير من البرهنات الموجودة فى إقليدس كان يحتوى على مصادرات وقضايا غير تلك التى صاغها صراحة فى مقدمة نظامه الاستدلالى ، واستمرت هذه البرهنات تعد صادقة دقيقة ، لمدة طويلة ، لأن النقص الذى اعتورها لم يكن قد اكتشفه الرياضيون بعد . ولكن بفضل تقدم الرياضة فى سبيل الدقة ونمو المنطق بدرجة كبيرة ، أزيل منها ما فيها من قضايا دخيلة حتى صارت أكثر دقة . ولا زالت الدقة تعوز حتى اليوم كثيراً من البرهنات المستخدمة فى بعض فروع الرياضيات .

٥ — **التحليل التقليدى للمبادىء :**

ومجموع القضايا والتصورات الأولية يسمى المبادىء ، لأن المبادىء هى القضايا غير المستنتجة من غيرها فى نظام استدلالى معين والتى تعد فى داخله غير قابلة للبرهنة ولا محلا للمناقشة .

والأقدمون قد قسموا المبادىء المستخدمة فى أى نظام استدلالى إلى بديهيات ومصادرات وتعريفات . فعلينا الآن أن نبحث فى كل منها بالتفصيل .

(ا) البديهيات

٦ — أما البديهية فقضية بينة بنفسها ، وليس من الممكن أن يبرهن عليها ، وتعد صادقة بلا برهان عند كل من يفهم معناها . ولها خواص ثلاث : البينة النفسانية ، أى وضوحها مباشرة للنفس بلا واسطة ولا برهان منطقى ؛ والأوّلية

المنطقيـة ، أعنى كونها مبدأ أولياً غير مستخلص من غيره ؛ وثالثاً أنها قاعدة صورية عامة ؛ فى مقابل المبادىء الخاصة المتعلقة بحالة معينة من أحوال العلم الخاصة أو بتعريف معين . وتسمى البديهية أحياناً باسم القضايا المشتركة ، وذلك بمعنيين : الأول أنها مسلمة من كل العقول على السواء ؛ الثانى أنها تنطبق على أكثر من علم واحد .

والبديهيات ، كما توجد فى الرياضيات ، توجد كذلك فى العلوم الروحية . فمثلا هذه البديهية المستخدمة كقاعدة فى القانون الرومانى : من يملك الأكثر يملك الأقل ؛ وهى بديهية يمكن أن تستخدم فى علوم أخرى ، كالميكانيكا .

والبديهيات بعضهـا مجرد تعريفات أو نتائج مباشرة لتعريفات . فنحن لا نستطيع مثلا أن نعرف الكل والجزء دون أن نضمن فى التعريف أن الكل أكبر من الجزء . ومن هنا كانت فى أحيان كثيرة هزيلة المعنى . وهى فى الواقع غالباً ما تكون مجرد تعبير أو تطبيق على الكميات لمبدأ الذاتية ، ولذا كانت صورية مثله ، ولا تفيد إلا كمبادىء موجهة ، قليلة الخصب .

(ب) المصادرات

وأهم منها وإن كانت أقل يقينية ، المصادرات . وبين البديهيات والمصادرات عدة فروق : فالبديهيات بينة بنفسها ، أما المصادرات فليست كذلك ، ولكن يصادر على صحتها وتسلم تسليما ، مع عـدم بيانها بوضوح للعقل ، نظراً لفائدتها ولأنها لاتؤدى ، أو طالما كانت لا تؤدى إلى تناقض . والبديهيات لهذا قضايا تحليلية ، أما المصادرات فقضايا تركيبية . والبديهيات تعبر عن خواص مشتركة بين كل أنواع المقادير ، ومن هنا سميت قضايا مشتركة كما ذكرنا ؛ أما المصادرات فلا تنطبق إلا على نوع معين من المقادير :

فالمصادرة قضية ليست بينة بنفسها ، كما لا يمكن أن يبرهن عليها ، ونلكن يصادر عليها ، أى يطالب بالتسليم بها ، لأن من الممكن أن تستنتج منها نتائج لاحصر لها ، دون الوقوع فى إحالة . فصحتها إذن تستبين من نتائجها . فمثلاً المصادرة المعروفة باسم مصادرة إقليدس — وهى التى تقول : يمكن من نقطة أن يجر مستقيم مواز لمستقيم آخر ، ولا يمكن أن يجر غير مستقيم واحد — قد أدت إلى إقامة هندسة إقليدس ولم تؤد إلى تناقض . وليس فى الوسع أن يبرهن عليها فى داخل هذه الهندسة ؛ كما أن من الممكن الاستغناء عنها بأن نستبدل بها مصادرات أخرى كما فعلت الهندسات اللاإقليدية . فكأن المصادرة تمتاز إذن من البديهية بأن من الممكن إنكارها دون الوقوع فى الإحالة ؛ بعكس البديهية .

غير أن النظريات الحديثة لا تميل إلى المغالاة فى هذه التفرقة بين المصادرة والبديهية ؛ بل تنزع على العكس من ذلك إلى التقريب بينهما ؛ بأن تعد كلتيهما « تعريفات مقنعة » ؛ على حد تعبير پونكاريه(١) . ولا فارق بين كلتيهما إلا فى درجة التركيب : فالبديهية أكثر بساطة من المصادرة ؛ ولهذا تبدو أبين بينما المصادرة أقل بساطة وأكثر تعقيداً ؛ مما يجعل وضوحها والتسليم بها لا يتحققان إلا بالنتائج التى يمكن أن تستخلص منها . ونقول إنهما تعريفات مقنعة ، لأن المصادرة القائلة بتجانس المكان تساوى تعريفاً للمساواة الهندسية ؛ ومبدأ القصور الذاتى يساوى تعريفاً للقوة الخ .

وكما توجد المصادرات فى الرياضيات ، توجد كذلك فى العلوم الروحية ؛ ففى الاقتصاد مثلا نرى المصادرة القائلة بأن الإنسان يفعل وفقاً لما يرى فيه الأنفع ، وفى الأخلاق المصادرة القائلة بأن كل إنسان يطلب السعادة .

---

(١) پونكاريه : العلم والفرض ، ص ٦٧ .

وبهذا التقسيم التقليدى أو التميز التقليدى بين المصادرات والبديهيات يستبدل بعض المناطقة المحدثين تقسيماً آخر للمبادىء إلى « مبادىء مشتركة » توجد فى المنطق ؛ « ومبادىء خاصة » توجد فى العلوم الخاصة . فروچييه يقسم المبادىء الخاصة بالعلوم المختلفة والمبادىء المشتركة الموجودة فى المنطق إلى طوائف ثلاث :

١ — فبعض المبادىء يصادر على وجود بعض الموضوعات (أفراداً كانوا أو أصنافاً) ؛ وتسمى « مصادرات الوجود » . فمصادرات الوجود مصادرات تقول بوجود أشياء ذات خواص معينة . فمثلا ، لا وجود للماس فى الحقيقة ؛ ولكننا فى الهندسة نصادر على وجوده ونجرى براهيننا على هذا الأساس ؛ وبالمثل لا يوجد مستقيم بلا سمك ؛ ولكننا نصادر على وجوده من أجل البحث فى بعض الأشكال الهندسية ونفترض له خواص معينة لا نستطيع التحقق من وجودها فى التجربة الخارجية . ففى كل هذه الأحوال نحن نصادر على وجود موضوعات نعرفها ونفترض وجودها ؛ لأن مجرد التعريف لا يكفى لضمان الوجود .

وإذا كانت هذه المصادرات تعين أن عنصر أى صنف يوجد وحيداً ، سميت المصادرات فى هذه الحالة مصادرات التفرد : Postulats d'unicité .

٢ — والبعض الآخر من المبادىء يقول إنه إذا وضعنا بعض الموضوعات على أنها موجودة ، فموضوعات أخرى موجودة كذلك لها مع الأولى إضافات معلومة . ولنسمِّ هذه المبادىء باسم المبادىء المركبة أو المكوِّنة ، لأنها تسمح ، إذا سلمنا ببعض الموضوعات ، بتركيب موضوعات جديدة باستمرار ، بواسطة الإنابة récurrence ، وبالتالى تسمح بالحصول باستمرار على أنظمة جديدة من الإضافات بين الموضوعات المسلم بها وتلك المركَّبة .

٣ — وطائفة ثالثة تقول إنه إذا وجدت بعض الإضافات بين موضوعات ثبت وجودها ، فإنه توجد إضافات أخرى غيرها . وهذه الإضافات إما أن تكون إضافات منطقية مثل الانتساب أو التضمن ، أو إضافات خاصة بالعلم المعين موضوع البحث ، مثل تلك الخاصة بالترتيب والوضع والتوازى فى الهندسة . ولنسم هذه القضايا باسم « بديهيات الإضافة » مستعملين كلمة « بديهية » بطريقة عامة ، أى بمعنى مبدأ أو قضية أولية أياً كانت .

والمبادىء المكونة وبديهيات الإضافة تكون مايسميه علماء المنطق الرياضى دوال قضائية ، لأنها كما قلنا تمتاز بأنها ليست معينة ، ذات معنى عيانى كيانى ، بل هى بالأحرى رموز عامة يمكن أن تفسر عدة تفسيرات . وهى لا يقال عنها إنها قضايا ، لأنها ليست صادقة أو كاذبة ؛ إنما تكون كذلك حينما نعطى لرموزها المتغيرة صفات معينة محددة ، فتستحيل حينئذ من دوال قضائية إلى قضايا . وفى هذا أيضاً توكيد لفكرة التواضع والاصطلاحية فى كل نظام استدلالى .

(ج) التعريفات

أما التعريفات ، فتتعلق ، كالمصادرات ، بتصورات خاصة بكل علم ؛ ففى الهندسة مثلا تتعلق بالخط والمثلث والتطابق . . الخ . وقد رأينا من قبل فى كتابنا «المنطق الصورى والرياضى»[1] معنى التعريف وأنواعه وشروطه فرأينا أنه يعبر عن ماهية المعرف وعنه وحده ، وعنه كله ، مما يعبر عنه بقولنا إنه يجب أن يكون جامعاً مانعاً ؛ وأنه يتركب من شيئين : المعرَّف وهو الشىء المراد تعريفه ، والمعرف وهو القول الذى يحد خواص الشىء المعرف .

وهذا أيضاً هو معنى التعريف الرياضى فى نظر العقليين التقليديين .

(١) « المنطق الصورى والرياضى » ص ٧٥ — ص ٨١ القاهرة سنة ١٩٦٢ .

وهم يميزون بينه وبين التعريف التجريبي الموجود فى العلوم الطبيعية . فالتعريف الرياضى قبلى ، نهائى ، ثابت ، ضرورى ، كلى ، لأنه من عمل العقل الثابت فى جوهره . كما أنه أيضاً تكوينى génétique ، لأننا نأتى به بواسطة التوليد أو التكوين ، فنحن نعرف المحيط مثلا بأنه « الخط المتكون بواسطة نقطة تتحرك على مسافة متساوية من نقطة ثابتة تسمى المركز » ، والمثلث بأنه «الشكل الهندسى المتكون من ثلاثة مستقيمات متقاطعة مثنى مثنى فى مستوى » . ولهذا فإن التعريف الحقيقى هو ذلك المعبر عن النسبة المولِّدة أو القانون المكون للشىء المعرف ، فالمثلث مثلا يمكن أن يعرف بعدة طرق ، منها أن يعرف بالخاصة التى لبعض أجزائه مثل أن زواياه ثلاث ومجموعها يساوى قائمتين ، ولكنه يجعلنا نضطر إلى أن نحدد أن عدد زواياه يساوى قائمتين وأنه شكل مستو مكوَّن من خطوط مستقيمة ، بينما التعريف الأول لا يحوجنا إلى شىء من هذا . ولذا فإنه لا يوجد للمعرَّف إلا تعريف واحد ، هو ذلك الذى يعبر عن قانون تولد الشىء المعرَّف . ومن هذه الناحية نستنتج بقية الخواص دفعة واحدة . فهو إذن لا يتركب تدريجياً بإضافة عناصر مختلفة .

وعلى العكس من ذلك نجد التعريف التجريبي تتكون عناصره شيئاً فشيئاً فى ميدان التجربة . فمثلا فكرة الإنسان أو الثديى لم تتكون دفعة واحدة ، بل قليلا قليلا بإضافة صفات إلى صفات أخرى نكتشفها فى التجربة كلما توغلنا فى البحث : « ولن تقفل مطلقاً ، بل تظل مفتوحة للعناصر الجديدة التى يمكن أن يكتشفها العلم فى الإنسان أو الثديى »(١) (لوى ليار ، المنطق ، ص ٨٠) .

فمذهب العقليين إذن فى التعريف الرياضى هو أن العقل يضع — بملكة خاصة فيه وبتركيب قبلى موجود به — التصورات الرياضية ، وبالتالى تعريفاتها المكوِّنة لماهياتها . ومن هذه التعريفات يمكن استخلاص كل خواص الشىء المعرَّف ، وذلك بواسطة الاستدلال .

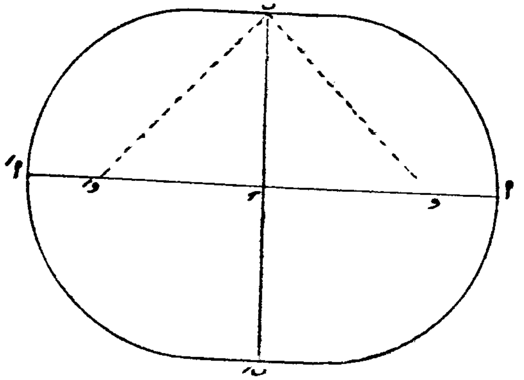
---

(١) Louis Liard : *Logique*, 4ème éd., 1897.

وعلى عكس من ذلك نجد مذهب التجريبيين فى التعريف . فعندهم أن التعريف ليس ثابتاً ، واحداً ، قد تكون دفعة واحدة ، ويعبر عن ماهية الشيء المعرَّف ، إنما التعريف قول متغير بتطور العلم ، ويمكن أن يوجد للشيء الواحد تعريفات عدة كلها متساوية ؛ وغالباً ما يتكون بطريقة تكوينية وفقاً لنماء المعرفة .

أما الرياضيون المحدثون ممن عنوا ببيان الأسس المنطقية للرياضة فقد رأوا أن الأفكار الرياضية ما هى إلا تركيبات من وضع العقل ، وأن التعريف مهمته وصف خواص هذه الأفكار وصفاً يسمح بتمييزها من غيرها ، وباستنتاج خواص أخرى منها . ولما كانت كل فكرة ذات خواص عدة ، فإن فى وسعنا أن نختار منها ما نشاء لكى نكوّن منه التعريف . ومعنى هذا أن التعريف افتراضى أولا ، من حيث أن الأفكار الرياضية نفسها تركيبات من وضع العقل وليس لها أساس من الواقع ؛ وأنه اعتبارى ثانياً ، فنحن نختار من الصفات ما نشاء ، وفقاً لوجهة نظرنا ؛ وأنه « ثالثاً » ليس واحداً ، لأن الخواص متعددة ، وفى مقدورنا أن نختار منها واحدة أو الأخرى لكى نستخدمها فى التعريف . ففى استطاعتنا مثلا أن نعرف الدائرة بأنها قطاع لاسطوانة أو لمخروط بواسطة مستوٍ عمودى على المحور ؛ أو بأنها قطع ناقص اختلافه المركزى excentricité [1] يساوى صفراً ؛

(١) الاختلاف المركزى هو النسبة بين المسافة البؤرية والمحور الأكبر فى القطع الناقص . فحينما تكون هذه النسبة تساوى صفراً ينطبق البؤرتان على القطع الناقص . وبانطباق البؤرتين



على المركز تتكون دائرة وذلك لأنه (كما فى الشكل) : ب و + ب وَ = ا اَ بحسب خواص القطع الناقص ، إذا انطبقت و ، وَ على حـ فإن ا اَ = ٢ ب حـ فلما كان ا حـ = حـ اَ ∴ ب حـ = ا حـ = حـ اَ

∴ حـ ستكون المركز لدائرة بعدها ب حـ أو ا حـ أو حـ اَ أو حـ ب

وبأنها المحـــل الهندسى للنقط التى منها يرى مستقيم معلوم تحت زاوية معلومة الخ .

ولذا يقول بونكاريه عن التعريفات إنها « فروض » تختلف عن الفروض المستخدمة فى المنهج التجريبى من حيث أن هذه الفروض الرياضية هى اصطلاحات ميسرة يضعها العقــل لحاجاته العلمية ، ولا صلة لها بالتجربة ، بعكس الحال فى الفروض المستخدمة فى التجربة . فالفرض فى الرياضة معناه ما يسلم به ، أو ما يبدأ منه. كما ينعتها رسل أنها مواضعات تيبوغرافية typographical conveniencies ، وإن كان مع ذلك يضيف اليها صفة أنها تعبر عن تقدم ظاهر ، بما تشتمل عليه من تحليل للتصور .

وهذا التصور الجديد للتعريف قد قرب بين التعريفات الرياضية والتعريفات التجريبية من ناحيتين خصوصاً :

١ — الأولى أننا فى تعريفنا لفكرة رياضية نختار الخاصية الممتازة من بين الخواص العديدة لتلك الفكرة ، كما نفعل تماماً فى المنهج التجريبى ، إذ نحن هنا نعنى خصوصاً باستخراج « الحالة الممتازة » لـكى نستخرج منها بعدُ القــانون العلمى . وإن كان يحدونا فى التعريف أحياناً السهولة والوضوح ، فلا نلتزم شرط اختيار الخاصية الممتازة دائماً ؛

٢ — والثانية أن تاريخ الرياضة قد دلنا على أن التصورات الرياضية قد نشأت فى البدء من التجربة وأنها تنحو نحو التجريد المتزايد باستمرار . ومن هنا كانت تعريفات هذه التصورات متأثرة بالضرورة بهذا الأصل التجريبى الذى نشأت عنه .

والتعريف الرياضي نوعان : تعريف مباشر ، وتعريف غير مباشر .
أما التعريف المباشر فهو المعروف وفيه نعين خاصية أى تصور رياضى مباشرة ، مثل تعريف المثلث بأنه شكل هندسى مكون من ثلاثة مستقيمات تتقاطع مثنى مثنى ، أو المستقيم بأنه أقصر طريق بين نقطتين .

أما التعريف غير المباشر فيشمل عمليتين ، وليس فى الواقع تعريفاً بمعنى الكلمة ، ولكنه يقوم مقام التعريف المباشر بما له من وظيفة فى العلم .

(ا) والنوع الأول منه هو «التعريف بالتجريد» لدالة منطقية ، ولتكن د(س) وهو عبارة عن بيان الشروط التى تتحقق بها المساواة (المنطقية أو الرياضية) د (س) = د (ص) وفيها س ، ص قيمتان تنتسبان إلى صنف معين ، تعرف الدالة د بالنسبة اليه . فمثلا « نعرف بالتجريد » الكتلة أو الحرارة ، الخ ، بأن نبين شروط المساواة لهذه الكميات .

(ب) والثانى هو « التعريف بالمصادرات » وهو عبارة عن تعريف مجموع من التصورات بالإفصاح عن الإضافات الأساسية التى تحققها هذه الحدود ، على هيئة بديهيات أو مصادرات ؛ هذه الإضافات التى تكون الأسس الضرورية الكافية لنظرية هذا المجموع . فمثلا نستطيع أن نكون الهندسة كلها بواسطة عدد معين من البديهيات أو المصادرات المشتملة على التصورات الأولية الآتية : النقطة والقطعة ، أو النقطة والحركة . فهذه التصورات غير المحددة تعد محددة بواسطة مجموع المصادرات[1] .

فالتعريف بالمصادرات ، كما يقول كوتيرا فى مقال نشر بمجلة التعليم الرياضى L'Enseignement mathématique عن التعريفات الرياضية « ينطبق ، لا على

---

(١) راجع معجم لالاند ، تحت كلمة « تعريف » ، فى الملاحظات .

تصور واحد ، ولكن على نظام من التصورات ، ويتكون من سرد الإضافات الأساسية ، التي تربط فيما بينها والتي تسمح بالبرهنة على سائر الخواص : وهذه الإضافات مصادرات . فإذا كان لدينا نظام من المصادرات ، وإذا كان فى وسعنا البرهنة على أن هذه المصادرات لا تتضمن تناقضاً ، فسيكون لنا الحق فى أن نعدها ممثلة لتعريف أحد التصورات الموجودة به » (پونكاريه ، « العلم والمنهج » ، ص ١٦٢ ، والاقتباس عنه ص ١٦١) .

والتعريفات بالمصادرات تعريفات ناقصة ، لأنها لا تستطيع أن تعين بطريقة واحدة مجموعة من التصورات المفردة . ولذا قيل عنها إنها تعريفات للجنس définitions de genres .

والتعريف ليس قضية ، فلا يصدق عليه أنه صادق أو كاذب . إنما هو نوع من الاصطلاح اللغوى ، أو كما يقول رسل هو فعل إرادى من أفعال العقل ، يمكن أن يبرر بأسباب متعلقة بتيسير العمل أو التواضع على شىء معين يتفاهم بواسطته ، ولكنه لا يفرض نفسه على العقل ضرورةً .

٦ — الصلة بين هذه المبادىء :

ومن الواضح من كل ما قلناه حتى الآن أن الصلة وثيقة بين هذه الأنواع الثلاثة من المبادىء ، إلى درجة أن فى الوسع من دون تجاوز أن نسمى الواحد باسم الآخر . فقد رأينا أن البديهيات والمصادرات قد انحلت فى النهاية إلى تعريفات مُقنَّعة ، كما يقول پونكاريه ، مما يجعل التعارض بين هذه الأنواع الثلاثة ضئيلة للغاية ، إذ تستحيل كلها فى النهاية إلى « اصطلاحات تفاهمية تحدد استخدام الحدود الأولى لنظرية استدلالية » (روجييه ، المصدر نفسه ، ص ٨٦) . ونحن نجد فعلا أن المصادرة الخامسة من مصادرات إقليدس الست تسمى فى بعض النسخ باسم

البديهية ، مما يدل على أن التفرقة ، حتى عند الأقدمين ، بين المصادرة والبديهية ليست حادة كما يتوهَّم . كما قد رأينا من ناحية أخرى أن التعريفات قد تتم أحياناً بواسطة المصادرات ، مما يقرِّب كثيراً بين التعريف والمصادرة . وفضلا عن هذا ، فإن ملْ يقول إن كل تعريف يتضمن بديهية ، هى التى تؤكد بها وجود الشىء المعرَّف ، وعلى هذا فسيكون التعريف بدوره بديهية مقنِعة ، بعد أن قلنا من قبل إن البديهية تعريف مقنع . وعلى الرغم مما يقتضيه رأى مل هنا من تحفظات عنى بإيرادها بونكاريه (« العلم والمنهج » ، ص١٦٢) تتعلق بفهم مل كلمة « وجود » هنا ، إذ هو يفهمها بمعنى مادى تجريبى ، فحين نعرف الدائرة ، نحن نؤكد وجود أشياء مستديرة فى الطبيعة ، وهذا فهم لا يتفق مع طبيعة الرياضيات ، إذ هذه لا تعنى بالوجود الخارجى المادى ، بل لا تعنى كلمة « الوجود » لديها غير شىء واحد ، هو الخلو من التناقض — نقول إنه على الرغم من هذا كله ، فإن فى هذا الرأى تقريباً للتعريف من المصادرة والبديهية ، بعد أن قرّبنا البديهية من التعريف. وهذا كله يدل على أن المبادىء متداخلة بعضها فى بعض .

ونحن قد اعتدنا اليوم أن نضع المبادىء الخاصة بأى استدلال قبل البدء فيه . فنذكر البديهيات والمصادرات والتعريفات التى سنستعين بها فى إجراء عملية الاستدلال أولا ثم نستخلص منها القضايا الناتجة عنها مباشرة مما يتصل بالمطلوب ثم ننتهى إلى إثبات المطلوب البرهنة عليه . وهذه الطريقة فى وضع المبادىء لها مزايا عدة . إذ تفيد فى إدراك النسب والعلاقات بين المبادىء وتطبيقاتها بسرعة كما أن هذا الوضع يفيد فى التحقق من صحة النتيجة التى تأدينا إليها ، وذلك بامتحان المبادىء التى بدأنا منها ، فإذا كانت هذه مصوغة على حدة وبوضوح فى أول الاستدلال يسر لنا ذلك النظر فى صحة المبادىء ، وبالتالى فى معرفة يقين النتيجة ، اللهم إلا إذا كان الخلل يعتور الاستدلال كعملية. أما إذا كان الاستدلال

كعملية مضمون الصحة ، فما علينا إلا أن ننظر فى المبادىء التى أقمناه على أساسها. وتظهر أهمية هذا خصوصاً إذا لاحظنا أن المبادىء فى أى نظام استدلالى يجب أن تكون مستقلة بعضها عن بعض كما قلنا من قبل ؛ فإذا ثبت لدينا عدم صحة أحد المبادىء ، كما حدث مثلاً بالنسبة إلى مصادرة إقليدس ، فإن عدم الصحة لا يمتد إلا إلى القضايا التى تقوم على هذا المبدأ وحده ، بينما بقية القضايا القائمة على المبادىء الأخرى صحيحة . ففى الهندسات اللاإقليدية ، قد لوحظ أن إلغاءها لمصادرة إقليدس لم يستتبع إلغاء كل هندسة ، بل فقط الجزء منها المتوقف على تلك المصادرة ، بينما ظلت بقية القضايا ، مما لا يقوم عليها ، صحيحاً . وهذا أمر سهل التحقيق إذا كانت المبادىء مصوغة على حدة فى أول النظرية الاستدلالية. ويجب أن يلاحظ كذلك أن الأقدمين لم يكونوا يعنون بإيراد كل المبادىء ، إما لظهورها أو لعدم الحاجة إليها فى الظاهر ؛ أما اليوم فنحن نشعر بالحاجة إلى إيراد كل المبادىء التى تتعلق أو يمكن أن تتعلق باستدلال معين . وذلك لأن فكرة ظهور المبادىء لم تعد مقبولة ، إذ النقد الذى قام حول المبادىء فى أواخر القرن الماضى وأوائل هذا القرن قد زعزع أو ألغى صفة الظهور بالنسبة إلى كثير من المبادىء . فلم نكن نشعر مثلا بالحاجة إلى ذكر قضية كالتالية ا × صفر = ا أما اليوم فنحن فى حاجة إلى ذكرها ، لأن ظهورها ليس بيناً بدرجة كافية .

وقبل أن نتحدث عن نقد المبادىء فى العصر الحديث والعصر الحاضر يحسن بنا أن نشير هنا إلى مسألة قد يجعلنا الوهم نغفل عنها ، وهى أنه قد يبدو للوهم أن اليقين فى النتائج أكبر منه فى المبادىء . وهذا وهم ؛ إذ البرهان لا يخلق اليقين أو الحقيقة ، إنما ينقل الحقيقة من المبادىء إلى النتائج نقلا ، دون زيادة فى اليقين أو الصحة : ويمكن أن نرد هذا الوهم إلى أسباب نفسية خالصة .

٧ — نقد هذه المبادئ :

ونحن قد أشرنا فى خلال حديثنا عن المبادىء إلى بعض من النقد الذى وجه إلى المبادىء من حيث فكرة اليقين وعدم القابلية للبرهنة . وهو نقد قد بدأه فى العصر الحديث ليبنتس فى محاولاته لإقامة علم مناهج شامل ومنطق رياضى ، إذ اعتقد أن فى الوسع تحليل كل التصورات العلمية وردها إلى طائفة قليلة من الأفكار الأولية غير المحددة . واستمر هذا النقد ينمو مرتبطاً خصوصاً بنمو المنطق الرياضى والأبحاث الخاصة ببيان أسس الرياضيات ، حتى بلغ أوجه فى نهاية القرن الماضى وأوائل هذا القرن على يد بيانو ورسل وهلبرت .

يتجه هذا النقد خصوصاً ضد فكرتين : العيان واليقين . أما من ناحية العيان فإن هؤلاء النقاد يقللون من شأن استخدامه فى تحصيل المبادىء إلى الحد الأقصى وذلك لأن الغاية التى ينشدونها من المنطق والرياضة أن يكون كلاهما صورياً إلى أعلى درجة ميسورة . ولن تتحقق هذه الصورية الكاملة إلا باستبعاد العيان بكل أنواعه حتى العيان العقلى . فرسل يقول فى مقال نشر « بمجلة الميتافيزيقيا والأخلاق » ، سنة ١٩٠٦ ص ٦٣٠ : « إن القضايا الأولية التى تبدأ منها الاستدلالات فى المنطق الرياضى يجب ، قدر الإمكان ، أن تكون بينة بالعيان . ولكن هذا ليس ضرورياً كل الضرورة ، وعلى كل حال فليس هذا السبب الوحيد فى اتخاذها . وإنما السبب استقرائى ، أعنى أنه ، من بين نتائجها المعلومة (ومن بينها هى نفسها) كثير منها يبدو صادقاً للعيان ، ولا شىء منها يبدو باطلا ، وتلك التى تبدو صادقة لا يمكن أن تستنتج استدلالا (حسبما يتراءى) من نظام من القضايا غير القابلة للبرهنة ، غير متفق مع النظام الاستدلالى موضوع النظر » . فالعيان إذن لا يتعلق إلا بنقطة

البدء فى اتخاذ المبادىء الأولية ؛ فإذا ما انتهينا منها ، انتهينا من كل إهابة بمبدأ أو عنصر عيانى جديد طوال الاستدلال .

أما عن اليقين فقد قالوا إن المبادىء التى نضعها على رأس استدلالاتنا ليست من اليقين بالقدر الذى كان يزعمه الناس . فيلاتى يقول Vailati « إن اختيار المبادىء يتوقف على الغرض الذى يستهدفه المرء ، ويجب أن يتوقف فى كل الأحوال على امتحان إضافات التوقف التى يمكن أن نضعها فيما بينها وبين مجموع قضايا نظرية معلومة . لقد فقدت ذلك الحق الإلهى الذى بدا أن بينتها المزعومة قد منحتها إياه . فصار عليها أن تسلم بصيرورتها مجرد مستخدمين ، لا رؤساء فى الجماعات الكبرى للقضايا المكونة لمختلف فروع الرياضة » («تلخيص أعمال مؤتمر الفلسفة سنة ١٩٠٠») .

ولم يقتصر النقد على البديهيات والمصادرات ، بل امتد أيضاً إلى التعريفات . وهو نقد بدأته مدرسة بيانو حين ميزت نماذج مختلفة من التعريف : فالبعض ، كالتعريفات بالمصادرات ، والتعريف بالتجريد ، تسمح باستخدام تصور معلوم دون أن تحل هذا التصور إلى عناصره المكونة له ؛ والبعض الآخر ، وهو التعريف الاسمى ، هو وحده التعريف الحقيقى ، لأنه وحده الذى يضع مساواة بين العناصر المعرِّفة وبين الكل المعرَّف . ثم إن كل تعريف لابد أن يكون مقترناً بنظرية وجود théorème d'existence أو مصادرة وجود تقول بوجود الموضوع المعرف . وزاد رسل على هذا بأن قال : إن التعريف ليس قضية مطلقاً ، لأنه يعوزه الوحدة ، « إذ كل قضية فى جوهرها وحدة ، فإذا هدم التحليل هذه الوحدة فإن سرد المركبات سيكون دائماً عاجزاً عن استعادة القضية . » (المبادىء The principles ، § ٥٤ ، ص ٥٠) . و « التعريفات ليست جزءاً من موضوعنا ، ولكنها ، بالتعبير الدقيق ، مجرد مواضعات تيبوغرافية » (Riquier ص ١٢) يمكن الاستغناء عنها دون أن تتأثر دقة الاستدلال كثيراً .

وانتهى هذا النقد إلى القول بأن المبادىء بأنواعها الثلاثة من بديهيات ومصادرات وتعريفات ترجع فى نهاية الأمر إلى إحداها وهى المصادرات ، بوصفها قضايا ، أو بالأحرى دوال قضائيـة ، يصادر عليها مصادرة ، وتتحقق بنتائجها ، فطالما كانت لا تؤدى إلى تناقض فانها صحيحة . وما المبادىء إذن إلا فروض غير محددة ولا قابلة للبرهنة نبدأ منها بعد أن نصادر عليها .

وإذا كان الأمر على هذا النحو ، فإن المنهج الاستدلالى الخالص سيستحيل إلى منهج فرضى استدلالىhypothético-déductive . واختيار المبادىء يتوقف إذن على الهوى الشخصى ما دام ذلك مؤدياً إلى تحقيق المطلوب ، وبهـذا المعنى يقول رسل : « بعض القضايا يجب أن يسـلم به من دون دليل ، ما دام كل استدلال يبدأ من قضايا تقررت من قبل .. وهذه ككل الأفكار الأولية ، تقوم إلى حد ما على الاختيار الاعتباطى » (Principia ص ١٣) .

والنتيجة لهذا أن طابع الضرورة الذى كنا نضفيه على البراهين الرياضية قد انتقص ، فلم تعد الضرورة هنا ضرورة مطلقة من كل شرط ، بل ضرورة مشروطة ، تتوقف على نوع المبادىء الذى نبدأ منه الاستدلال ، وهو نوع يتحدد حسب اختيارنا ، وليس ثمة ضرورة مطلقة لاختيار نوع دون آخر من المبادىء .

مسار المنهج الاستدلالى

٨ — أدوات الاستدلال والبرهنة الرياضية والقياس :

للاستدلال أدوات عدة أهمها القياس والتجريب العقلى والتركيب ، فلنتناول كلا منها بالتفصيل :

أما عن القياس فعلينا أولا أن نميز بينه وبين البرهنـة الرياضية . وقد كان

التمييز الوحيد الذى يوضع بينهما إلى مدة قريبة هو أن النتيجة فى القياس نتيجة افتراضية ، لأن القياس لايضمن لنا الصحة الخارجية للنتيجة بل كل ما يقوله هو أن النتيجة يجب أن يسلم بها إذا سلمنا بالمقدمات . أما فى البرهنة فالمبادىء تعدّ صادقة بالضرورة ، والنتائج ستكون بالتالى ضرورية مضمونة الصحة خارجياً ، أى حملية ، ولذا يقول المنطق القديم إن « البرهنة قياس فيه المقدمات صادقة بل وضرورية » (رابييه « المنطق » ، ص ٢٧٧) .

لكن جاء المناطقة المحدثون فميزوا بينهما تمييزاً كبيراً ؛ وعلى رأس من عنى بهذه المسألة هنرى پونكريه ومن بعده جاءجوبلو فمثل الصورة العليا لهذا التمييز ، وإن كان على نحو آخر غير الذى فعله پونكاريه .

بحث پونكاريه فى «طبيعة البرهان الرياضى»(«العلم والفرض» ، ص ٩ــ٢٨) فبدأ بأن تساءل عما إذا كانت الرياضيات ، إذا كانت تقوم على أساس القياس ، لاترجع إلى تحصيل حاصل هائل.«إن القياس لايستطيع أن يعلمنا أى شىء جديد فى جوهره ؛ فإذا كان كل شىء يجب أن يخرج من مبدأ الذاتية ، فيجب أن يكون فى الوسع رده إليه كذلك . . . والبرهان القياسى يظل عاجزاً عن إضافة أى شىء إلى المعطيات التى نقدمها له ؛ وهـذه المعطيات تنحل إلى بعض من البديهيات، وليس للمرء أن يجد شيئاً آخر غيرها فى النتائج ». ولـكننا مع ذلك نجد الرياضى يقول لنا إنه يعمم قضية معلومة من قبل . فهل المنهج الرياضى يسير من الجزئى إلى العام ؟ وإذا كان كذلك فـكيف يمكن أن يسمى استدلالياً ؟ وفضلا عن هذا فإنه إذا كان علم العدد تحليلياً خالصاً ، فيبدو أن العقل الممتاز بعض الامتياز يستطيع بنظرة واحدة أن يدرك كل حقائقه .

« فإذا لم يكن فى وسع المرء التسليم بهذه النتائج ، فيجب الاعتراف بأن للبرهان الرياضى نوعاً من القوة الخالقة الخاصة ؛ وأنه بالتالى يتميز من القياس»(ص ١١).

ويعقب جوبلو على هذا قائلا إن المسألة التى نحن بصددها هنا ليست تلك التى عرض لها كنت فى « نقد العقل المجرد » حين تساءل فقال : كيف يمكن أن تقوم أحكام تركيبية قبلية ؟ ذلك أن كنت كان لا يزال على ثقة مطلقة بتقاليد المناطقة ؛ وهو يرى أنه إذا كانت الرياضة ليست مجرد تحصيل حاصل ، فما ذلك إلا لأن مبادئها أحكام تركيبية تحتوى ضمنياً كلّ ما على البرهان أن يقوم بعرضه صراحة . ويحل هذه المسألة التى أثارها بأن يبين كيف يمكن أن تكون هذه الأحكام قبلية وليست تجريبية ، على أساس أنها ناتجة عن تطبيق المقولات على العيانات الخالصة . وكل العلم الرياضى إذن ، ما كان منه وما سيكون ، متضمن على سبيل الإمكان فى كلية الأحكام التركيبية القبلية ؛ ومهمة البرهنة أن تستخرجه بواسطة القياس .

أما المسألة التى نحن بإزائها هنا فهى أن البرهان الرياضى يأتى بحقيقة جديدة لم تكن متضمنة ، لا ضمنياً ولا صراحة ، فى المبادىء ؛ وأنه خصب مبدع خالق فعلا . فهذه خاصية البرهان الرياضى ، ولا يجدى فى هذا الصدد أن يقال فى تفسير ذلك إن التعريفات هى التى تأتى بخواص جديدة ، على أساس أن كلا منها يتم بواسطة خاصة تحتوى فى داخلها على كل خواص المعرف الباقية . أجل إن التعريف يدخل تصوراً جديداً ، ولكنه لا يحتوى على أكثر مما يعبر عنه . فالتساوى فى الزوايا ليس متضمناً فى التساوى فى الأضلاع بالنسبة إلى المثلث المتساوى الأضلاع ؛ ولكنه « ناتج » عنه .

« فالمسألة هنا ليست مسألة اندراج تصور فى آخر ، ولا اندراج حكم فى حكم آخر ؛ وإنما هى مسألة توقف حكم على حكم آخر . وخطأ المنطق الصورى فى أنه خلط بين صلة الإنتاج وصلة الإندراج » (جوبلو : المنطق ، § ١٦٢) .

لا بد إذن من التمييز الدقيق بين القياس والبرهان الرياضى ، على أساس أن

البرهان الرياضي يتضمن جدة ، بينا القياس تحصيل حاصل مستمر . فكيف نفسر هذا الفارق ؟

فسره بونكاريه بقوله إن البرهان الرياضي يقوم على أساس البرهان بالإنابة raisonnement par récurrence ، أو ما يسمى أيضاً باسم الاستقراء الرياضي ، نظراً للشبه بينه وبين الاستقراء التجريبي، إذ كلاهما يعمم ، بأن ينتقل من حالة إلى التطبيق على كل الأحوال . ولكن بين كلا الاستقرائين فارقاً كبيراً ، من حيث أن الاستقراء التجريبي يبدأ من الوقائع منتقلا إلى القوانين ، وليست به دقة ، بل فيه عنصر المجازفة وعدم الإحكام ؛ أما الاستقراء الرياضي فدقيق يبدأ من خاصية أساسية للسلسلة اللامتناهية من الأعداد الصحيحة القائمة على أساس أن كل عدد مكون بإضافة الوحدة إلى العدد السابق ، إلى غير نهاية ، منتقلا إلى تطبيق هذه الخاصية على بقية سلسلة الأعداد اللامتناهية .

وهذا البرهان بالإنابة هو في نظر بونكاريه «البرهان الرياضي من الطراز الأول» و «هو النموذج الحقيقي للأحكام التركيبية القبلية» («العلم والفرض»، ص ٢٣) .

ويمكن أن يصاغ بدقة على نحو ما فعل جبلو هكذا :

إذا فرضنا أن علينا أن نبرهن على الإضافة :

(١ + ا)^ع > ١ + ع ا

حيث ا عدد موجب ، و ع عدد صحيح مساو أو أكبر من ٢

نبدأ بأن « نبرهن » على أنه إذا كانت هذه الإضافة صحيحة بالنسبة إلى عدد ما ولكن م ، فإنها صحيحة بالضرورة بالنسبة إلى م + ١ ؛ أو بتعبير آخر أنه إذا افترضنا أن اللا متساوية .

(١)　　(١ + ا)^م > ١ + م ا

صحيحة ، فإنه ينتج من هذا اللامتساوية

$$(\text{١} + \text{ا})^{\text{م} + \text{١}} > \text{١} + (\text{م} + \text{١})\,\text{ا} \qquad (\text{٢})$$

وللبرهنة على هذا ، اضرب كلا حدى اللامتساوية رقم (١) فى ١ + ا :

$$(\text{١} + \text{ا})^{\text{م} + \text{١}} > \text{١} + \text{م}\,\text{ا} + \text{ا} + \text{م}\,\text{ا}^{\text{٢}}$$

أو ، بوضع (م + ١) عاملا ، .

$$(\text{١} + \text{ا})^{\text{م} + \text{١}} > \text{١} + (\text{م} + \text{١})\,\text{ا} + \text{م}\,\text{ا}^{\text{٢}}$$

وبالأولى والأخرى ، ما دامت $\text{ا}^{\text{٢}} > \text{صفر}$:

$$(\text{١} + \text{ا})^{\text{م} + \text{١}} > \text{١} + (\text{م} + \text{١})\,\text{ا}$$

وتلك هى اللامتساوية رقم (٢) .

ولكنى لا أعرف بعد ما إذا كان ثمة عدد م تتحقق اللامتساوية رقم (١) بالنسبة اليه . وكل ما أعرفه هو أنه إذا كانت الخاصة (١) صادقة بالنسبة إلى العدد م ، فإنها صادقة كذلك بالنسبة إلى م + ١ .

« فأحقق » أنها صادقة بالنسبة إلى م = ٢ ، لأنها ستصير :

$$(\text{١} + \text{ا})^{\text{٢}} > \text{١} + \text{٢}\,\text{ا}$$

أو

$$\text{١} + \text{ا}^{\text{٢}} + \text{٢}\,\text{ا} > \text{١} + \text{٢}\,\text{ا}$$

وهذا واضح .

فلما كانت الخاصة صادقة بالنسبة إلى م = ٢ ، فإنها صادقة بالنسبة إلى م = ٣ وصادقة كذلك بالنسبه إلى م = ٤ ، وهكذا إلى غير نهاية .

فالبرهان بالإنابة ينحصر فيما يلى : إذا كان ، من ناحية ، أننا إذا فرضنا أن خاصة ما صادقة بالنسبة إلى العدد م ، فإنه ينتج عنه أنها صادقة أيضاً بالنسبة إلى م + ١ ، أياً ما كانت م . وإذا كان ، من ناحية أخرى أننا نعرف ، بالتحقيق أو البرهان ، أنها صادقة بالنسبة إلى عدد معلوم ع ، فإنها صادقة بالنسبة إلى كل الأعداد ابتداءً من ع ، إذ يمكن أن نمتد بها من ع إلى ع + ١ ، ثم إلى (ع + ١) + ١ ... وهكذا إلى غير نهاية . وفى هذا التقدم إلى غير نهاية أريد أن ينظر اليه أنه مماثل للبرهان الاستقرائى (جوبلو ، § ١٦٣) .

والمميز الرئيسى للبرهان بالإنابة أنه يتضمن ما لا نهاية له من الأقيسة المركزة فى صيغة مفردة ، من الأقيسة الشرطية قطعاً ؛ إذ يمكن أن تصاغ كما يلى :

النظرية أو الخاصة صادقة بالنسبة إلى العدد ١

وهى إذا كانت صادقة بالنسبة إلى ١ ، فإنها صادقة بالنسبة إلى ٢

هى صادقة بالنسبة إلى ٢

وهى إذا كانت صادقة بالنسبة إلى ٢ ، فإنها صادقة بالنسبة إلى ٣

هى صادقة بالنسبة إلى ٣ ، وهكذا باستمرار .

والمشاهد هنا أن نتيجة كل قياس تكون صغرى بالنسبة إلى التى تليها ؛ وأن المقدمات الكبرى فى كل هذه الأقيسة ، يمكن أن ترد إلى صيغة مفردة واحدة . .

والبرهان بالإنابة أداة نافعة دائماً ، لأنه ، بسبب كونه يهيء لنا أن نجتاز بوثبة واحدة كل ما نود اجتيازه من خطوات ، يعفينا من التحقيقات الطويلة المملة المتعبة . وهو يدلنا على أننا حتى فى ميدان الحساب الأولى ، نستخدم أيضاً فكرة اللامتناهى الرياضى ، وبدونها حقاً لا يمكن أن يقوم علم ، لأنه لن يكون ثمت كلى .

وقاعدة البرهان بالإنابة لا يمكن أن تكون صادرة لنا عن التجربة ، لأن كل ما تستطيع التجربة أن تعلمنا إياه هو أن القاعدة صادقة بالنسبة إلى الأعداد العشرة أو المائة الأولى مثلاً ، ولكنها لا تستطيع أن تبلغ السلسلة اللامتناهية من الأعداد بل تقتصر على جزء معين من هذه السلسلة فقط .

كما أنه لا يمكن أن يعد مواضعة واصطلاحاً ، كما هى الحال بالنسبة إلى بعض مصادرات الهندسة « فلماذا هذا الحكم (أى حكم البرهان بالإنابة) إذن يفرض نفسه علينا ببينة لا سبيل إلى دفعها ؟ لأنه ليس إلا توكيد قوة العقل الذى يعرف نفسه قادراً على تصور التكرار إلى غير نهاية لفعل واحد ، ما دام هذا الفعل كان ممكناً مرة . فللعقل عن هذه القوة عيان مباشر ، ولا يمكن أن تكون التجربة بالنسبة اليه غير مناسبة لاستخدامها ، وبهذا ، للشعور بها » (بونكاريه ، « العلم والفرض » ، ص ٢٣—٢٤) .

ويرى بونكاريه أن هذا النوع من البرهان يوجد فى كل البرهنات الرياضية فبواسطته يوسع الجبر ميدانه . إذ نحن نجده فى مستهل التحليل اللامتناهى . وهو يتدخل فى كل حالة يجتاز فيها الرياضى هوة ضاماً لنفسه ميداناً جديداً .

تلك إذن نظرية بونكاريه فى طبيعة البرهان الرياضى ، وتلك إذن مبدأ البرهنة الرياضية عنده .

٩ — ولكن جوبلو لا يذهب معه إلى هذا الحد ، بل يقول إن البرهان بالإنابة صورة من البرهان خاصة جداً ويمكن تمييزها بكل وضوح ؛ ففى الجبر برهنات حقيقية عامة لا ترد إليه . ويقدم سببين يحملانه على عدم النظر إلى البرهان بالإنابة على أنه النموذج الوحيد للبرهنة العامة المعممة : هما أولا : أنه لا ينطبق

إلا على سلسلة الأعداد الصحيحة : — ثانياً : أنه يحتوى على الأقل على برهنة وهو بالتالى عاجز عن تفسيرها .

(١) أما من حيث الناحيــة الأولى فإنه يلاحظ أنه إذا كان صحيحاً أن الرياضيات تميل دائماً إلى أن تنطبع بطابع العدد ، وأن علماء الرياضة يريدون قدر المستطاع وكمثل أعلى للرياضة أن يستبدلوا بما يقوم على العيان — التحليل الخالص ، وأن رياضياً مثل ركييه Riquier يقترح العدول عن الهندسة العيانية بوصفها منهجاً عتيقاً ضيقاً قد صار غير مفيد حتى ليمكن إسقاطها من بين ثبت العلوم ؛ نقول إنه على الرغم من هـذا الاعتراض الوجيه ، فإن جوبلو يرى أنه لا زالت للبراهين القائمة على العيان فى الهندسة قيمتها التى يجب أن ينظر فيها المنطق . وإذا قيل إننا نلتقى بالبرهان بالإنابة ، على درجات متفاوتة فى الظهور ، فى كل الأحوال التى يبرهن فيها على خاصة عامة بمعرفة حالة جزئية ممتازة ، لأن البرهنة على الخاصة العامة تقوم فى أن نعمم بالنسبة إلى سلسلة لا متناهيــة من الأحوال ما برهن أو ما حقق بالنسبة إلى إحداها ، حتى أن فكرة السلسلة غير المحدودة من الأعداد تدخل فيها . فمثلا حين نبرهن على أن مجموع زوايا مضلع ذى ع أضلاع يساوى ٢ (ع — ٢) من الزوايا القائمة ، فإن ما يغفــله غالباً هو أن نبرهن على أنه بربط رأس ببقية الرؤوس فى المضلع ، نحن نحل المضلع إلى عدد من المثلثات بقدر ما به من أضلاع ناقصاً اثنان ؛ ونحن نغفل هـذا معتمدين على أن عيان الشكل يعد كافياً ، ولا حاجة بعد إلى البرهنــة . حتى إذا ما استبدلنا ضلعاً من المضلع بخط منقسم إلى قطعتين ، بحيث يكون لدينا أضــلاع قدرها ع + ١ ، فإن عدد المثلثات يزيد بقدر الوحدة . فإذا كان صحيحاً أن مجموع زوايا المضلع ذى ع أضلاع يساوى ٢ (ع — ٢) زوايا قائمة ، فإنه ينتج عن هذا أن مجموع زوايا المضلع

ذى ع + ١ أضـلاع يساوى ٢ [(ع + ١) — ٢] زوايا قائمة . وهكذا نستمر معممين تلك الحالة الخاصة على كل الأحوال غير المحدودة . إن كان هذا صحيحاً ، فإنه ليس من الضرورى السير على هذا النحو . بل فى وسعنا أن نسلك سبيلا آخر ، أفضل من الأول ، هو أن نختار نقطة ملائمة فى داخـل المضلع ، ونجر منها خطـاً إلى كل رؤوس المضلع ، فيكون لدينا حينئذ من المثلثات بقدر ما هنالك من عدد الأضلاع . ولما كان مجموع زوايا هذه المثلثات كلها ينقسم إلى قسمين ، أحـدهما هو مجموع زوايا المضلع ؛ والآخر هو مجموع الزوايا المتجاورة حول النقطة وقدره دائمـاً ٤ زوايا قائمـة ؛ فإن المجموع الأول من هذين المجموعين يساوى دائماً ٢ ع — ٤ زوايا قائمة . وليس فى هذا برهان بالإنابة ؛ فنحن لا ننتقل هنا بعملية غير محدودة من عدد إلى عدد تال ، إنما الذى نفعله هو أن نبرهن على أن عدد المثلثات المرسـومة يساوى ، أياً ما كان قدره ، عدد أضلاع المضلع .

(ب) والسبب الثـانى أهم من الأول . فإن البرهان بالإنابة يحتوى على برهنة على الأقل ، برهنة أهم كثيراً من الانتقال التقدمى من عدد إلى العدد التالى لأنه بالبرهنة على أن الخاصة المعتبرة صـادقة بالنسبة إلى م هى صادقة بالنسبة إلى م + ١ ، نحن نبرهن فعلا على مشروعية هذا الانتقال .

ويحتم هذا النقد بأن يقول إن البرهنـة لا تنتقل هنا من الخاص إلى العام ؛ وإنما تسير من اللامجانس إلى اللامجانس . ولا يستطيع القياس أن يفسر هذا كما لا يستطيع أن يفسر الحالة الأولى ، حالة الانتقال من الخاص إلى العام . فالخاصة الصادقة بالنسبة إلى م + ١ ليست « محتواة » فى الخاصة المعتبرة صادقة بالنسبة إلى م ؛ ولـكنها « مركبة مع » الخاصة المعتبرة صادقة بالنسبة إلى م .

١٠ — وقبل أن نعرض نظرية جوبلو فى « التركيب » وهى التى يحاول بها

أن يفسر طبيعة التعميم فى البرهنة الرياضية وطبيعة البرهان الرياضى عموماً ، نلقى نظرة على هذا النقد . فنقول ، أما فيما يتعلق بالنقد الأول ، فإن رأى جوبلو يبدو اليوم قديماً ، بعد أن تطورت عملية احتساب الرياضة تطوراً هائلا فكدنا ننتهى تقريباً إلى عد الحساب الأساس لكل رياضة ، وهذا معناه أيضاً اعتبار نظرية العدد ، كما عرفناها من قبل بالتفصيل ، هى نظرية البرهان الرياضى فبونكاريه إذن على حق من هذه الناحية ولكنه مخطىء حين يعتبر البرهان بالإنابة مبدأ سرياً أو قوة عجيبة من قوى الروح الإنسانية . ورسل على حق فى أن ينقده فى هذه الناحية ، كما فصلناه من قبل ، فإن الاستقراء الرياضى ليس مبدءاً ، ولكنه تعريف ، وهناك أعداد يمكن أن ينطبق عليها ، بينا توجد أخرى (الأعداد عبر النهائية) لا يمكن أن ينطبق عليها . فنحن « نعرف » الأعداد الطبيعية بأنها تلك التى يمكن أن تطبق عليها براهين بواسطة الاستقراء الرياضى أى أنها تلك التى تملك كل الخواص الاستقرائية . وينتج عن هذا أن مثل هذه البراهين يمكن أن تطبق على الأعداد الطبيعية ، لا بفضل أى عيان أو بديهية أو مبدأ سرى ، ولكن كقضية لفظية خالصة ... ومبدأ الاستقراء الرياضى يمكن أن يصاغ بطريقة عامة فى صورة كهذه : « ما يمكن أن يستدل به من تال إلى تال يمكن يستنتج من أول إلى أخير ، وهذا صادق إذا كان عدد الخطوات المتوسطة بين الأول والأخير متناهياً لا فى الحالة الأخرى » (« المدخل إلى الفلسفة الرياضية » ، لندن سنة ١٩٣٨ ، ص ٢٧) ، أى فى حالة الأعداد اللانهائية أو الغير نهائية . وإنصافاً لبونكاريه ، نقول أيضاً إن لم يرجع كل برهان رياضى إلى البرهان بالإنابة ، وكل ما فعله هو أنه رأى فيه طريقة الرياضى فى التعميم .

أما السبب الثانى الذى ساقه جبلو فى نقده ، فهو وجيه فى الظاهر . فحقاً نحن نرى فى البرهان بالإنابة برهنة هى تلك التى نقوم بها للبرهنة على أن الخاصة المعتبرة

صادقة بالنسبة إلى م صادقة أيضاً بالنسبة إلى م + ١ ؛ ولكن من الممكن أن يرد على هذا بأن يقال إن هذه البرهنة خاصة بإثبات صحة مبدأ البرهان بالإنابة ، وليست داخلة فى المبدأ نفسه كمبدأ للبرهان الرياضى ، إذ أن البرهنة على وجود شىء ليست داخلة فى هذا الشىء .

١١ — أما نظرية جبلو فخلاصتها أن البرهنة الهندسية (وليلاحظ قوله « الهندسية » ، لأنه إنما يتحدث عن البرهنة القائمة على العيان) على نحوين : ١) كل برهنة تسير من المفرد singulier إلى العام général ، وتقوم على أساس إثبات إضافة ضرورية بين خاصتين لا متجانستين ؛ وهذا ما لا يمكن أن يتم بواسطة أى قياس أو أى مجموع من الأقيسة . ٢) بعض البرهنات تسير من الخاص spécial إلى العام général ، وهذا ما لا يمكن أيضاً أن يفسر بواسطة أى برهان قياسى .

١ — فللبرهنة على أنه ، فى مثلث متساوى الساقين ، الزوايا المقابلة للضلعين المتساويين متساوية ، نحن نفصل المثلث عن نفسه ، إن صح هذا التعبير ، بواسطة الفكر ، ثم نطبقه من جديد ، مقلوباً ، على الأثر الذى نتوهم أنه خلفه على السبورة . وحينئذ نلاحظ أن الزاوية المرسومة بين الضلعين المتساويين تقوم على أثرها ، وأن كل ضلع من أضلاع هذه الزاوية يقوم محل أثر الضلع الآخر المساوى له . « والقيام محل » بالنسبة إلى الضلع الثالث ينتج عن المبدأ القائل بأن النقطتين لا يمكن أن ترتبطا إلا بمستقيم واحد . ثم نتحقق constate أخيراً من أن كل زاوية من الزوايا المقابلة للأضلاع المتساوية تقوم محل أثر الأخرى . فكأن البرهنة قد قامت إذن على أساس « عملية » opération « وتحقق » constatation من النتيجة المتحصلة .

ولا يقصـــد من هذه العملية أنها عملية يدوية ، بل هى عملية عقلية ؛ كما لا يقصد من التحقق ، التحقق الفزيائى ، الذى يمـكن أن نقوم به بواسطة آلات القياس ، إنما يقصد به التحقق المنطقى . وكل البرهنات الهندسية (العيانية) تقوم على أساس أمثلة جزئية لأن العملية والتحقق لا يمكن أن يتما ، حتى لو كانا عقليين ، إلا على أساس شـكل مفرد .

وثانياً : بعض البراهين فى الرياضة تنتقل من الخاص إلى العام ، وهذا يحدث بأن نأتى بحالة ممتازة تـكون أبسط من الأحوال المركبة ثم ننتقل من هذه الحالة الجزئية الخاصة إلى القانون العام أو إلى الامتداد بهذه الخاصة إلى أشياء أكثر تعقيداً مما كان من قبل بالنسبة إلى تلك الحالة الجزئية . فمثلا لاستخراج عدد الزوايا التى يشملها مضلع ، نبدأ بالحالة البسيطة لهذا الشـكل الهندسى وهى حالة المثلث ونحن نعرف أن مجموع زواياه = ٢ ق . ثم نجزىء المضلع إلى عدد من المثلثات بقدر ما تسمح به الأضلاع ، فيـكون لدينا حينئذ عدد من المثلثات بقدر عدد الأضلاع ، وهناك فى الوسط ، فى النقطة التى تتلاقى عندها رؤوس هذه المثلثات ، توجد زاويتان قائمتان. فنستطيع بعد هذا أن نستخرج عدد زواياه على أساس القاعدة أو الصيغة : ٢ (ع — ٢) .

فالملاحظ هنا أننا بدأنا بحالة ممتازة هى حالة المثلث ثم امتددنا بهذه الحالة الممتازة إلى حالات عامة هى حالة أى مضلع كان ، وتحققنا أخيراً من الصيغة العامة التى صيغ بهـــا القانون . وكأننا هنا أيضاً بإزاء عمليتين : عملية تركيب أو بالأحرى تجزئة المضلع إلى مثلثات ، ثم عملية مشاهدة هى مشاهدة أن هذا المضلع يحتوى من المثلثات بقدر عدد الأضلاع : وبطرح الزاويتين القائمتين المـكونتين لمجموع زوايا رؤس المثلثات المتـكونة ، تنتج لدينا الصيغة الدالة عن عدد ومقدار زوايا المضلع .

وبهذا تتلخص نظرية جوبلو أولا فى أننا فى حالة كل البراهين الرياضية نقوم بعملية تركيب وبناء ، ابتداء من حالة جزئية . وليس الأمر هنا أمر تعديل لقضايا نبدأ منها ، لأننا نضع خواص بين صفات لا متجانسة . فبين صفة كون المثلث شكلا ذا ثلاثة أضلاع وبين صفة أخرى هى صفة الزوايا نضع خاصية ما هى كون مجموع زواياه يساوى قائمتين ، وكون مجموع الزوايات = ٢ ق لا يستخلص بالتحليل من كون المثلث شكلا ذا ثلاثة أضلاع . وعلى هذا فنحن بإزاء عملية بناء ولسنا بإزاء عملية تحليل ، لأن الروابط والإضافات التى نضعها إنما نضعها بين صفات لامتجانسة .

وقد يعترض على هذا بأن يقال إن هذا يتعلق بالهندسة القديمة التقليدية . ويرد جوبلو على هذا بأن يقول إن الجبر نفسه يقوم على أساس التركيب لأن فى المعادلات والتحويلات لا نقوم بمجرد استخلاص صيغ من صيغ أو معادلات من معادلات وإنما نحن نضع خواص لها ارتباط وهذه الخواص لا متجانسة ؛ وبهذا لا نكون فى الواقع إزاء عملية تحليل . ويمكن بالتالى رد جميع المسائل الرياضية إلى عمليات أى تركيبات بنائية نقوم بها فعلا أثناء البرهنة . ويقتبس فى هذا الصدد كلمة Arthur Hannequin حيث يقول : « إن العقل لا يستطيع أن يدرك ويفهم تماماً إلا ما يستطيع أن يركبه » .

أما القياس فلا يرى له جوبلو إلا مجالا ثانوياً وذلك كخطوة انتقالية إبان البرهان أو على حد تعبيره المجازى هو فقرة من فقرات البرهنة ، وهذه الفقرة من شأنها أن تعطى للبرهان الرياضى دقته المنطقية ، بينما من شأن قدرة العقل التركيبية البنائية أن تضمن خصب العقل .

التجريب العقلى :

ويتصل بهذا الأمر تلك الناحية الأخرى التى تترجح بين المنهج التجريبى والمنهج الاستدلالى ونعنى بها مسألة التجريب العقلى . وهى ناحية قد عنى بها كل العناية أرنست ماخ Mach فى كتابه « المعرفة والخطأ » فى الفصل الموسوم باسم « التجريب العقلى » l'expérimentation mentale ثم أتى من بعد «رنيانو» Rignano وذلك فى كتابه Psychologie du raisonnement « نفسانية البرهان » ، فأرجع كل أنواع البرهان تقريباً إلى التجريب العقلى . والتجريب العقلى معناه بصورة عامة أن يقوم الإنسان فى داخل عقله بكل الفروض والتحقيقات التى قديئس أولا يتيسر له أن يقوم بها فى الخارج وينقسم إلى أنواع أهمها اثنان : التجريب العقلى الخيالى ، والتجريب العقلى العلمى . أما الأول فهو ذلك النوع من التأملات الخيالية وضرب الفروض بعضها فى بعض مما أبدع فيه الشعراء وأصحاب الخيال الجامح . وهو طبعاً لا قيمة له من ناحية العلم ؛ والآخر هو وحده ذو القيمة العلمية ، لأن الفروض فيه لا تقوم على موضوعات وهمية مختلقة ، إنما تقوم على وقائع يجرب عليها الإنسان الأوضاع المختلفة أو الفروض العديدة ويستخرج النتائج التى تؤدى إليها هذه الفروض — وكل هذا يجرى فى داخل الذهن . فكل عالم قبل أن يحقق شيئاً فى الخارج يتصور كل ما يريد عمله وكل جهاز يريد أن يركبه . فاستيفنسون مثلا كان يعرف العجلات والعربات وقوة البخار ولكنه قبل أن يكون بها الجهاز الذى يعرف بالقاطرة أو الآلة البخارية عامة ، كان يعرف فى ذهنه قبل ذلك هذه القاطرة وتصور فى ذهنه هذه القاطرة بكل أجزائها كما تصور كيف يمكن أن يكون الاحتكاك وأى مقدار من القوة الحرارية يجب أن تستخدم لجر كذا أو كذا من الأثقال ... إلى آخر تلك الأشياء

التى تكون القاطرة الواقعية فى الخارج . كل هذا قد أدركه بعقله ، وركبه فى داخل الذهن وكأنه يقوم بتجربة فزيائية ولكنها فى داخل الذهن ، فهو يفترض الفروض فى داخل الذهن ، ويستبعد ما لا يمكن أن يتحقق أيضاً فى داخل الذهن، ويستبعد كل الفروض التى يرى أنها غير وافية لتركيب الشىء الذى يراد تركيبه ، إلى آخر تلك الأمور التى نقوم بها فى التجريب الواقعى العادى (التجريب الفزيائى) .

ولهذا النوع من التجريب فائدة كبيرة : أولا من حيث الاقتصاد فى العمل . ذلك لأن القيام بهذا التجريب فى داخل الذهن لا يكلف المرء شيئاً من الناحية المادية فلا يكسر جهازاً ولا يستنفد مواد أولية ، ولا يكون مثل التجريب الفزيائى الذى يحتاج إلى فترة طويلة ، إلى آخر كل هذه الأشياء التى ينتج عن القيام بها عقلياً فحسب كثير من الاقتصاد فى الوقت والجهد والمواد والنفقات . ثانياً : هذا التجريبى العقلى قد يسمح بفرض فروض جريئة قد لا نتجه إلى اتخاذها لو أننا بإزاء تجريب فزيائى واقعى ، ومن الممكن أن تتحقق هذه الفروض بالفعل ، لأن الحرية الميسرة للعقل فى هذه الحالة أكبر منها فى حالة التجريب الفزيائى الذى كثيراً ما يشتت الذهن ويصرفه عن الإدراك الحقيقى للنسب العامة التى هى الأصل فى كل نظرية مما يولد من جديد فروضاً خصبة تؤدى إلى اكتشاف نتائج أهم وأحسن . والشاهد على هذا ما فعله كثير من العلماء وعلى رأسهم خصوصاً جاليليو — إذ استطاع القيام بكل هذه الأبحاث الكبيرة فى ثقل الأجسام قبل أن يحققها عملياً فى الخارج واقتنع بصحتها قبل أن يجربها فى الخارج . واتجه هذا الاتجاه تقريباً ديكارت ، وإن كان حظه من التجريب العملى غير مشجع على إجراء هذا النوع من التجريب ولكنه قال على العموم : إننى أستطيع أن أستغنى عن إجراء أى تجربة فزيائية خارجية لأنى أقدر أن أركب

فى ذهنى كل العمليات الممكنة . وطبعاً هذا الاتجاه ينشأ عن النزعات الرياضية الظاهرة . وإن كان الثانى قد وفق ، والأول قد أخفق .

ولا يقتصر هذا التجريب العقلى على الفزياء والعلوم الطبيعية بوجه عام ، بل يمتد إلى كل العلوم الرياضية فنحن نستطيع أن نجرى براهين لا حصر لها فى داخل الذهن ، فيما يتصل بنظرية هندسية . فدون حاجة إلى أى قلم يرسم لنا الأشكال الهندسية نستطيع أن نفرض الفروض وأن نسير فى التحليل عائدين ، أو نبدأ من التركيب متقدمين ، إما للبرهنة على نظرية معلومة أو لبيان نتائج خاصة من نظرية ما — وفى هذا كله نحن نقوم بعملية تجريب عقلى كالحال تماماً فى التجريب الفزيائى .

ولئن لم يكن لنا الحق فى أن نذهب إلى ما ذهب إليه رنيانو من القول بأنه الصورة العامة لكل تفكير فانه مما لا شك فيه أنه يلعب دوراً خطيراً فى تكوين التجريب الرياضى والتجريب الفزيائى على السواء ، كما سنرى عند الكلام عن المنهج التجريبى .

صور الاستدلال :

١ — الاستدلال بلا غرض معين ؛

٢ — إذا علمت لدينا قضية ويراد البرهنة على صحتها أو فسادها نلجأ إما إلى التحليل المحصل analyse poristique أو إلى التركيب synthèse ؛

٣ — إذا أريد معرفة العنصر المجهول بواسطة ماله من روابط مع عناصر معلومة ، نلجأ إلى :

(ا) التحليل الباحث zététique

(ب) التركيب synthèse

للاستدلال صور عدة تقوم إما على الغاية التى ننشدها منه ، أو على طريقة البرهنة ومنهجها إبان أى استدلال . ففيما يتصل بالناحية الأولى ينقسم الاستدلال إلى استدلال ذى غاية ، ويشمل خصوصاً النوع الثانى الذى ذكرناه . واستدلال ليس بذى غاية ، وهذا النوع هو المعروف غالباً فى الكتب المثالية التى تقوم على أساس فروض خيالية . ومن هذا النوع مثلا «يوتوپيا» توماس مور Thomas More ، ثم خصوصاً من الناحية الفلسفية كتاب « بلا زمان » Uchronie تأليف رنوڤييه الذى افترض فيه هذا الفرض : إذا كان مركس أورليوس لم يستقل ويتنازل عن العرش فماذا كان سيحدث؟ ثم استمر فى فرض هذه الفروض المنافية للوقائع التاريخية من أجل أن يستخلص كل الاستدلالات التى تقوم عليها ، فهذا استدلال بلا غرض مقصود ، وإنما نحن هنا نبتدىء من فرض أو فروض ثم نحاول أن يستخرج كل النتائج التى يمكن أن يؤدى إليها . وقد يكون فى هذا نوع من الغاية من ناحية المؤلف ، ولكنه يوضع فى الأصل باعتباره بلاغاية. ومن النوع الأدبى كتاب الرحلة إلى إيكاريا Voyage en Icarie لكابيه . ولكن هذا الاستدلال ليس بذى قيمة علمية حقة ، خصوصاً أنه يقوم على فروض خيالية ، وهو فى الواقع نوع من التجريب العقلى يهدف إلى النوع الخيالى الذى ذكرناه آنفاً . أما القيمة الحقيقية فهى فى هذا النوع الثانى القائم أولا إما على وجود قضية ويراد البرهنة على صحتها أو على كذبها ، أو توجد قضية معلوم صحتها وكذبها ، ويراد استخلاص النتائج التى تترتب عليها . ففى الحالة الأولى نحن نقوم بعملية برهنة من أجل التأدى إلى بيان صحة أو فساد المقدمة الموضوعة أو المطروحة . وفى هذه الحالة إما أن نجعلها نتيجة ، وإما أن نجعلها مقدمة . فإذا جعلناها مقدمة فإما أن نفترض القضية صحيحة ثم نستخلص ما تؤدى إليه من نتائج ، فإذا كانت هذه النتائج صحيحة كانت القضية صحيحة ، وإذا لم

تكن كذلك كانت خاطئة ؛ وإما أن نستخدم البرهان بالخلف وهو أن نفرض صحة العكس فيؤدى هذا الى خلف و إحالة أى نتائج تناقض قضايا مسلماً بصحتها وعن طريق إثبات كذب النقيض تثبت صحة الأصل .

وهذا المنهج فى البرهنة دقيق لا غبار عليه من ناحية البرهنة المنطقية الصرف ، ولكن كما يلاحظ Cournot فى كتابه « تسلسل أفكارنا » de nos idées L'Enchaînement يلزم العقل دون أن ينيره؛ أى أنه يرغم على الإقناع ولكنه لا يوضح للذهن لماذا يجب الاقتناع بهذا فيظل العقل يشعر بشىء من القلق لأنه لم يستنر استنارة كافية من هذا البرهان بالخلف . والطريق الآخر هو أن نأتى بالقضية المراد البرهنة على صحتها و نفترضها صحيحة . — والصيغة اللائقة فى هذا الصدد أن يقال : أن نفترض صحة المطلوب على نحو يؤدى إلى إرضاء السؤال أى نفترض الصحة من أجل إمكان البرهنة بسهولة — فنجد أننا نصل إلى نتائج إيجابية صحيحة فيكون الأصل صحيحاً كذلك ، وفى هذه الحالة نحن نقوم بعملية تحليل محصل بمعنى أننا نبدأ من قضية و نربطها بقضية أخرى معلومة الصحة . فإن لم تكن معلومة الصحة فتربط بقضية أخرى معلومة الصحة ، وهكذا إلى أن تنتهى إلى قضية مسلم بصحتها ، وبهذا التحليل الذى هو تحليل محصل poristique كما يسميه Viète نصل إلى الربط بين هذه القضية المعلومة أمامنا و بين قضايا أخرى معلوم صحتها . فتثبت صحة القضية الأصلية المعلومة . وقد نقوم بدلا من هذا التحليل المحصل بتحليل باحث zététique وذلك بأن نفرض الفروض ونقوم بالتجريب شيئاً فشيئاً حتى نصل فى النهاية إلى قضايا مسلم بها ، فهذا نوع من التحليل يختلف عن الأول فى أن الأول يفترض الصحة ، والثانى لا يفترضها و يحاول بفرض الفروض أن ينتهى إلى النتيجة المطلوبة ، أعنى إلى القضية

المعينة المطلوب معرفة صدقها أو كذبها . أما عملية التركيب فهي عملية عكسية تسير قدماً وتبدأ من القضية باعتبارها صحيحة ثم تستخرج كل النتائج . وفى هذه الحالة تكون القضية الأصلية معلومة الصحة ويراد معرفة كل النتائج التى تؤدى إليها . وهذه هى الحالة العامة التى نسلك سبيلها فى تكويننا الرياضيات : فنحن نبدأ من قضايا بسيطة ثم نركبها بعضها مع بعض حتى نصل إلى قضايا أكثر تعقيداً وهكذا باستمرار . فالتركيب إذن تقدمى بينما التحليل ارتدادى ، لأنه يحاول أن يرتد إلى المبادىء الأصلية للقضايا ، بينما التركيب تقدمى لأنه يبدأ من القضايا الأولية ، مرتفعاً إلى القضايا المركبة المترتبة عليها .

المشاكل المنطقية :

هذه المبادىء الأولية وتلك القضايا الأولية من أين جاءت ، وما هو المصدر الذى نستمدها منه ؟ هنا اختلفت الإجابة على شعبتين ، وكل شعبة إلى شعبتين كذلك . فأولا شعبة العقليين ، وثانياً شعبة التجريبيين .

١ — شعبة العقليين : يجيب العقليون عن هذا السؤال على نحوين :

(ا) النحو الأول بأن يقول فريق منهم إن هذه المبادىء موجودة بالضرورة فى طبيعة العقل الإنسانى وأننا لا نفعل بعد هذا إلا أن نطبق هذه المبادىء ونزيد فى تركيبها شيئاً فشيئاً حتى نصل إلى أعلى درجات التركيب الرياضى . وعلى هذا سترتد الرياضة فى نهاية الأمر إلى أن تكون درجة متقدمة أو ترقية للمنطق على حد تعبير ليبنتس une promotion de la logique فالأصل أن يدرك الإنسان فكرة الإضافة الموجودة بين الموضوعات ثم ينتقل من هذه الفكرة إلى فكرة المجموع groupe ثم الى فكرة الصنف classe وبعد هذا يستخرج فكرة العدد ثم الترتيب — إلى غير هذا من المسائل الأولية التى تكون أساس

العلم الكلى. وبعد هذا تتفاصل هذه المسائل الأولية شيئاً فشيئاً حتى تبلغ التركيب المكون لأى علم من العلوم الرياضية المعروفة ، ونحن إبان هذا كله لا نعتمد في الواقع إلا على قوانين المنطق الصورى البحت وعلى قوانين العقل الرئيسية ولا نهيب في أية حالة من هذه الأحوال بالعيان أو التجريب . ولذا سميت هذه النزعة باسم الصورية الرياضية formalisme mathématique .

(ب) والنحو الآخر الذى أقيم عليه هذا المذهب العقلى هو أن يقال إن الرياضة أقرب اتصالا بالجزئيات وأقل تجريداً من المنطق الصورى . فقوانين الفكر خالية من كل مادة ، وهى عامة عموماً يجعل الصلة بين الأشياء الجزئية وبين القوانين المنطقية بعيدة كل البعد ، بينما الرياضة تنطبق على الأشياء الجزئية . لهذا أتى فريق آخر من العقليين يخفف من حدة هذا القول بالصورية بأن جعل للعيان نصيباً فى استخلاص الحقائق الرياضية . فهذه النزعة تقول فى مجموعها بأن للعيان نصيباً فى تكوين الرياضة لأن الرياضة تتعلق بالجزئى أيضاً ولا تقتصر على الكلى العام وحده ولهذا فإنها تعنى بالموضوعات ولا تقتصر على مجرد الروابط الفكرية المنطقية التى تنتسب وحدها الى المنطق الصورى. ومن الذين أخذوا بهذا خصوصاً ديكارت وجليليو . ولكن العيان هنا قد فهم بمعنيين : —

أولا : بمعنى العيان الحسى ؛ ثانيا : بمعنى العيان العقلى . لكن أصحاب هذا المذهب لأنهم عقليون قد أخذوا خصوصا بالعيان العقلى . فديكارت أخذ به ومن قبله رجال عصر النهضة . وجاء كنت فقال إن الرياضيات تقوم على أساس نوع معين من الأحكام تختلف عن نوع الأحكام المستعملة فى المنطق الصورى البحت . فالمنطق تحصيل حاصل يقوم على أساس قضايا تحليلية أى قضايا لا تأتى فى محمولها الا بما يتضمنه الموضوع . وعلى هذا ، فإنه لا يأتى بجديد مطلقاً : وعلى العكس من هذا نجد الرياضة تقوم على أساس الجدة ؛ وهذا

لا يتيسر الا بواسطة القضايا التركيبية ، أى تلك التى يكون فى محمولها صفات لا توجد فى داخل الموضوع : إن تضمناً أو صراحة . غير أن هذه الجملة ليست صادرة عن التجربة بل عن صور قبلية موجودة فى طبيعة العقل الإنسانى هى عبارة عن شكول قبلية الحساسية .

ولابد لكل مضمون يأتى من الخارج فى التجربة أن يدخل فى هذه القوالب القبلية أو الشكول الأولية : وأهمها الزمان والمكان والعلية ، والجملة فى الرياضة تقوم على عيان عقلى هو عيان الزمان والمكان والعلية . وهذا ما يجعل المحمول فى القضايا الرياضية غير متضمن فى الموضوع .

وأخيراً جاء پوانكاريه فقال إن الطابع الرئيسى الذى يقوم عليه البرهان فى الرياضة هو ذلك الذى يعبر عنه البرهان بالإنابة وهو يقوم على أساس أن فى العقل الإنسانى قوة خالقة من شأنها أن تكرر الفعل حينما تعرف أن من الممكن فعله مرة واحدة . فإذا أمكن العقل الإنسانى أن يقوم بفعل واحد فإنه يكرره باستمرار بقوة خاصة به ، وهذه القوة مركوزة فى طبيعته وهى بعينها قوة قبلية وليست صادرة عن التجربة . والبرهان بالإنابة الذى يعبر عن هذه القوة هو فى رأى پوانكاريه النموذج الحقيقى للقضايا التركيبية الحقيقية ، أما القضايا التركيبية كما تصورها كنت ، فقد عفى عليها ، لأنه لم يعد أحد يؤمن بأن الزمان أو المكان صورة قبلية موجودة بالطبيعة فى العقل الانسانى .

وفى هذا التطور للنزعة العقلية نجد أن ثمة تطوراً نحـو التقليل من قيمة الموضوعية فى الرياضة. فقد كان نصيب العيان كبيراً لدى ديكارت ولكنه قل عند كنت واستحال فى النهاية عند پوانكاريه إلى نوع من المواضعات والاصطلاحات الميسرة أكثر من أن يكون عياناً بالمعنى الحقيقى وهذا ما جعل پوانكاريه يقول بوجود الفروض فى الرياضة كما هى موجودة فى المنهج التجريبى .

والرياضة ستئول إذن الى مجرد فروض يستنتج منها نتائج بواسطة المنطق الخالص .

٢ — المذهب التجريبى : وعلى العكس من ذلك يرى المذهب التجريبى أن الرياضة لاتقوم على أساس المنطق ، لسبب ظاهر جداً لديهم وهو أن الرياضة تنطبق على الواقع ، فكيف يمكن أن تنطبق الرياضة على الواقع ، مع أنها ليست صادرة عن التجربة ؟ عن هذه المسألة قد أجاب المثاليون فقالوا إن الحل بسيط وهو أن قوانين العقل هى بعينها قوانين الوجود ، فما ينطبق على العقل ينطبق على الوجود . فإذا كانت الرياضة تقوم على أساس تركيبات عقلية قبلية خالصة فإنها ستنطبق أيضا على الواقع ، ما دام الواقع عقلياً خالصاً هو الآخر . أما التجريبيون فقد قالوا على العكس من ذلك إن الرياضة لا تنطبق على الواقع إلا لأنها مستمدة فى البدء من التجربة ، فتاريخ العلم قد دلنا على أن الرياضيات قد نشأت شيئاً فشيئاً عن طريق التجربة وأنها فى تطورها إنما هى نوع من التجريد لنتائج أتت بها التجربة أولا ثم أحلناها فى النهاية — بعد أن استوثقنا منها أو من مبادئها الأولية — إلى أمور تقوم على المنطق الصورى .

وهذا المذهب قد انقسم بدوره إلى شعبتين : النزعة التجريبية الساذجة التى تقول بأن الأصل فى الموضوعات الرياضية هو التجربة بعينها فالأصل فى فكرة الخط مشاهدة الخيط والسلك ، والأصل فى فكرة الدائرة قطع أى جذع من شجرة ، والأصل فى فكرة الاسطوانة جذع الشجرة . ولسنا فى حاجة إلى الرد على هذا المذهب الساذج كل السذاجة لأن أى خط فى التجربة مهما يكن لايمكن أن يؤدى إلى فكرة الخط الهندسى إذ كل خط فى التجربة له عرض وسمك ، أما فى الرياضة فليس للخط أى سمك أو عرض . كما أن الدائرة كما تتصورها الهندسة لا توجد فى أى شىء من الموضوعات التجريبية إطلاقاً . — والنزعة

الثانية هى التجريبية المهذبة وهى التى تقول بأن الأصل فى نشأة الرياضة كما دلنا تاريخها هو البدء من معطيات التجربة . ولكن بعد مرور فترة ما كانت كافية لتكوين مضمون قادر من بعد على أن ينمو بنفسه اكتفت الرياضة من التجربة بهذا القدر وأصبحت تعتمد على رأس مالها وحدها ، فزادت من التركيبات المختلفة ومن بيان الإضافات المعقدة والمتطورة فى التعقيد شيئاً فشيئاً ، وهذه التركيبات قد أقامتها على أساس البرهان المنطقى ، ولكن المهم أن الخطوة الأولى قد كونت على أساس تجريبى . وهم هنا يشيرون دائماً إلى استخدام الأشكال المرسومة فى الهندسة وإلى الحل والتركيب فى الحساب والجبر ، وكل هذا يدل على أننا فى أثناء الرياضة إنما نقوم فى الواقع بأشياء تتصل بالتجربة عن قرب .

وينتسب إلى هذا المذهب أيضاً المذهب العملى أو الفعلى أو التركيبى البنائى الذى يمثله جوبلو . فجوبلو كما عرفنا من قبل يقول إن القوة الخالقة المجدِّدة فى الرياضة هى قوة التركيب البنائى ، فتركيب الأشكال المختلفة فى الهندسة ، ثم تركيب المعادلات بعضها مع بعض على هيئة خاصة ووضع خاص ، هذا هو الذى يعطى العقل القدرة على أن يركب من جديد وأن ينتقل باستمرار من الخاص إلى العام . فهو يفسر الجدة فى الاستدلال على أساس قدرة العقل على البناء والتركيب .

ولو نظرنا بعد هذا فى هذه النظريات ، لوجدنا فى الواقع أن المذهب الأول ، مذهب الصورية المنطقية الرياضية ، هو المذهب الذى يكاد يكون السائد اليوم ، خصوصاً عند أصحاب المنطق الرياضى . فكما عرفنا من قبل عند كلامنا الأخير عن فكرة العدد ، قد وجدنا عند رسل (ويشايعه فى هذا كل المناطقة الرياضيين وبخاصة أتباع دائرة ڤينا) أن الرياضة من خلق العقل ، وهى ليست إلا مجموعة من التعريفات التى نضعها فى البدء إلى جانب نفر قليل من الأفكار الأولية والأفكار غير المحددة ، وهذه كلها صادرة من العقل نفسه ، وكل ما نفعله بعد

هذا فى الرياضة هو أن تستخرج كل الإضافات الممكنة التى بين هذه الأفكار الأولية ؛ وأن نزيد التركيب فى التعقد شيئاً فشيئاً حتى نبلغ الرياضة العليا . ونحن فى هذا لم نفعل أكثر من أننا استخرجنا المضمون الأصلى للتعريفات والبديهيات والأوليات ؛ بل البديهيات والمصادرات تنحل بدورها إلى تعريفات ، فالمسألة سترتد فى نهاية الأمر إلى مجموعة من التعريفات والاصطلاحات يضعها العقل الإنسانى دون أن يستعين فى هذا بالتجربة . ثم يحاول على أساس افتراض صحة هذه التعريفات أن يستخرج كل ما يمكن أن تتضمنه بواسطة الاستدلال المنطقى . وعلى هذا فليس فى الرياضة عنصر تجديد ولا جدة إطلاقاً ، والأمر كله أمر تحصيل حاصل مستمر . وتحصيل الحاصل هذا لا ينشأ عن قوة سرية خاصة كما يزعم بوانكاريه ، ولا ينشأ عن مقدرة تركيبية بنائية كما يدعى جوبلو . وإنما يقوم على القوانين المنطقية العقلية الصورية الخالصة .

وأخيراً لا يفوتنا أن نشير إلى رأى مايرسون الذى انتهى فى كتابه « سلوك الفكر » إلى القول بأننا فى حالة الاستدلال ، حتى لو قمنا بعملية تغيير فى منتهى الضآلة ، فإننا فى الواقع ننتقل من جديد إلى جديد مغاير باستمرار ؛ وإنه لا يوجد أى تحصيل حاصل فى الفكر . حقاً توجد هوية فى الصورة بين $(ا + ب)^٢ = (ا + ب)^٢$ ولكن لا توجد هوية بين $(ا + ب)^٢ = ا^٢ + ٢ اب + ب^٢$ فهناك تغيير مستمر وبالتالى لا يوجد تحصيل حاصل . ولكن هذا أيضا لا يدل على أية جدة ، والحقيقه أن الرأى الذى يجب أن يتبع هو أن نقول كما قال أصحاب المنطق الرياضى إن كل شىء يتوقف على مصطلحات يضعها العقل الإنسانى وضعا ثم يستخرج العقل منها بافتراض صحتها (والصحة هنا افتراضية بحت) كل ما يمكن أن يستخرج منها ، وكل هذا بواسطة القياس الخالى من كل جدة ، والرياضة إذن كلها تحصيل حاصل مستمر .

المنهج التجريبي

رأينا في المنهج الاستدلالي أنه لا يقتصر على السير من الكلي إلى الجزئي ، بل هو بالأحرى يسير من الخاص إلى العام ، وفي هذا اقتراب هائل من المنهج الاستقرائي الذي كان يعد أنه إنما يقوم على أساس الانتقال من الخاص إلى العام بعكس الاستدلال . وتبين خصوصاً بعد أبحاث جوبلو أن الأمر يتوقف هنا على الإهابة بالتجربة ، لا على طريقة الانتقال ، فطريقة الانتقال واحدة في كلا النوعين فهي دائماً من الخاص إلى العام ، خصوصاً في الاستدلال بمعناه الحقيقي ، لا بمعنى الاستدلال القياسي ، وإنما الفارق هو أننا في الاستدلال لا نعتمد على التجربة بل نعتمد ابتداء من المبادىء الأولية على قواعد المنطق ومبادئه وحدها منتقلين دائماً من البسائط إلى المركبات وهكذا باستمرار في تقدم مستمر نحو التركيب والتعقيد.ولهذا يميل بعض من المناطقة إلى عد المنهج الاستدلالي خطوة من المنهج التجريبي : أو بالعكس يميل بعض من المناطقة إلى عد المنهج التجريبي لحظة من لحظات المنهج الاستدلالي العام . غير أن هذا التقريب يجب أن لا ينسينا التمييز الدقيق الذي يجب أن نضعه فيما بينهما . فقد تبين لنا في نهاية حديثنا عن المنهج الاستدلالي أنه يقوم على أشياء من خلق العقل وأنه تحصيل حاصل مستمر ، وأن الصورية المنطقية هي الطابع الحقيقي للرياضة وبالتالي للاستدلال الرياضي . بينما نجد على العكس من ذلك أننا في حالة العلوم الطبيعية نبدأ من موضوعات توجد في التجربة الخارجية أي لا تقتنص من العقل بل تفرض نفسها من الخارج على العقل أولا ، وعلى هذا (العقل) — بعد ذلك — أن يفسرها أو يصفها . فمن الممكن أن نميز بين كلا المنهجين على أساس أن المنهج التجريبي موضوعه الوقائع الخارجية ، بينما المنهج الاستدلالي موضوعه المخلوقات العقلية — إن صح هذا

التعبير les êtres de raison . فالمنهج التجريبي بمعنى عام هو المنهج المستخدم حين نبدأ من وقائع خارجة عن العقل ، سواء أكانت خارجة عن النفس إطلاقاً ، أم باطنة فيها كذلك كما في حالة الاستبطان ، لكي نصف هذه الظواهر الخارجة عن العقل ونفسرها . وفي تفسيرنا لها نحن نهيب بالتجربة باستمرار ، ولا نعتمد على مبادىء الفكر وقواعد المنطق الصورية وحدها .

خطوات المنهج التجريبي :

ولهذا المنهج خطوات ثلاث : الأولى حينما نقوم بمجرد الوصف والتعريف ، فعالم النبات الذي ينظر في أنواع النبات المختلفة ، وأصناف الأوراق التي يحملها كل نبات ، وضروب الأزهار الخاصة بذوات الأزهار منها ثم طريقة التغذي في كل منها وطريقة الوقاية إلى آخر تلك العمليات الحيوية التي يقوم بها النبات — نقول إن العالم الذي ينظر في هذه الأشياء ثم يقوم بعملية الوصف ثم التعريف ثم التصنيف إلى أسر وفصائل وأصناف ، لا يقوم بعملية تفسير ولا عملية تجريب كما أنه لا يضع نظرية عامة لكل الظواهر أوفرضا يستوعبها جميعا ، فهذه الخطوة تسمى خطوة التعريف والتصنيف أو مجرد الوصف البسيط . والخطوة الثانية هي ألا يقتصر الإنسان على أن يعرف حالة الشيء بل ينتقل منها إلى بيان الروابط والاضافات الموجودة بين طائفة من الظواهر المتشابهة .

هنالك نقوم بعملية تفسير لا تقتصر على مجرد الوصف كما في الخطوة السالفة فهذا التفسير يقتضي منه أولا أن يشاهد هذه الظواهر وأن يتلو هذه المشاهدة بوضع فرض يمكن أن يكون قضية تفسيرية لمجموع هذه الظواهر ، وثالثاً عليه بعد ذلك أن يمتحن صحة هذا الفرض بإجراء التجارب التي إما أن تثبت هذا الفرض

مباشرة أو أن تؤدى إلى إثبات قضية تكفى صحتها لإثبات صحة الفرض المطلوب امتحان الصحة فيه . فهذه الخطوة الثانية تمتاز إذن بالمشاهدة التى لا تقف عند هذا الحد ــ كما هى الحال فى الخطوة الأولى ــ بل تنتقل منها إلى بيان الروابط وذلك بافتراض صيغة تفسيرية للاضافات الموجودة بين الظواهر المختلفة ، ثم امتحان صحة هذا الافتراض بإجراء التجارب المختلفة . وهذا هو المنهج التجريبى بالمعنى الدقيق . أما الخطوة السابقة فقد أدخلناها فى باب المنهج التجريبى لأنها تتصل بالعلوم الطبيعية ونحن ننظر إلى المنهج التجريبى على أنه المنهج المتعلق بالعلوم الطبيعية إجمالاً . فعلى السعة نقول إذن إن هذه الخطوة تدخل فى باب المنهج التجريبى .

٣ ــ **الخطوة الثالثة** : حتى إذا ما انتهينا عن طريق المنهج التجريبى هذا إلى وضع قوانين أتينا بخطوة ثالثة هى خطوة تنظيم هذه القوانين الجزئية لكى تدخل فى نطاق أعم بأن تصبح مبادىء عامة كلية يستخرج منها قوانين بواسطة الاستدلال ، وهذه المبادىء العامة هى الفروض العظمى كفرض النسبية أو الذرات أو إشعاع الراديوم (أو الإشعاع الراديومى) أو فرض التطور فى العلوم الحيوية . والملاحظ فى هذه الخطوة الثالثة أنها تركيبية بينما كانت فى الحالة الثانية تحليلية ، لأننا هنا نحاول أن نركب شيئاً فشيئاً القوانين الجزئية للظواهر الجزئية لكى نضع قانوناً كلياً عاماً ، يصلح لأن تستخلص منه بقية القوانين الفرعية . ففى الميكانيكا مثلا توجد قوانين نيوتن فى الحركة والجاذبية ، وقوانين سقوط الأجسام لجليليو وكبلر ، فلو أننا نظمنا هذا كله فى نظرية واحدة كما فى فرض النسبية ، فإننا نستطيع أن نصل إلى فرض عظيم من الفروض الفزيائية ، أو الفروض الفلكية ، أو المتصلة بالميكانيكا .

طريقة الملاحظة والتأدى إلى الوقائع فى المنهج التجريبى :

ولو نظرنا فى المنهج التجريبى وهو الخطوة الثانية من الخطوات الثلاث التى أوردناها بالمعنى الضيق فإننا نجد أن هذا المنهج إنما يسير خطوات ثلاث هو الآخر ، فهو يبدأ بالملاحظة ويتلوها بالفرض ، ويتبعها بتحقيق الفرض بواسطة التجريب . فالملاحظة والفرض والتجريب هى إذن الفقرات الثلاث المكونة لسلسلة المنهج التجريبى ، فلو نظرنا مثلا فى نظرية كنظرية سقوط الأجسام التى وضعها جليليو فإننا نجد أن جليليو قد بدأ بملاحظة سقوط الأجسام وأنه يبدو للانسان فى الظاهر أن الجسم حينما يقطع مسافات أطول أثنـاء سقوطه تزداد سرعته ، فحاول أن يفسر هذه الظاهرة المشاهدة ، فافترض أولا أن زيادة السرعة ناشئة من زيادة المسافة المقطوعة . ولكنه وجد أن هذا الفرض يؤدى إلى تناقض مع كثير من الوقائع ، فاستبدل به فرضاً آخر هو أن تكون نسبة السرعة سائرة مع الزمن ومن أجل هذا حاول أن يجرى تجربة مباشرة ولكنه لم يستطع ذلك فأجرى تجربة غير مباشرة استطاع أن يبين فيها النسبية بين الزمن الذى مر وبين المسافة من المكان التى قطعت . وبهذا وصل إلى قانون سقوط الأجسام ، لارتباط هذا بالفرض الثانى الذى وضعه وهو التماثل فيما بين السرعة والزمن . فإذا نظرنا فى المنهج الذى سلكه جليليو من أجل وضع هذا القانون وجدنا أن الخطوة الأولى هى أنه ابتدأ من ظواهر مشاهدة ثم تلا هذه الخطوة بخطوة ثانية هى افتراض نسبة معينة ستكوّن القانون الذى على أساسه تحدث تلك الظواهر التى شاهدها . وهنا يجب أن تكون لديه فكرة سابقة يحاول بها أن يحدد المضمون الذى يستخلص من الوقائع المشاهدة ، أما أن يكون خالياً من كل فكرة سابقة فهذا ما لا يمكن أن يؤدى به إطلاقاً إلى وضع أى فرض . وهذا القدر السابق من الأفكار هو ما يسمى باسم النظام التحليلى

système analyseur فالنظام التحليلي هو الجهاز من الأفكار الموجود فى الذهن والذى يستطيع الإنسان بواسطته أن يقبل على الظواهر فيضع الفروض من أجل تفسيرها . وكل عالم له نظام تحليلي هو محصل التجارب التى فى ذهنه والمعلومات التى ظفر بها ، أو ما لديه من أفكار خاصة جاءته عن طريق التأمل فى الظواهر التى شاهدها من قبل ، حتى إذا وضع الفرض كان عليه — كخطوة ثالثة — أن يمتحن صحة الفرض بإجراء التجارب التى تؤيده أو تنفيه أو تعدل منه . فقد رأينا جليليو فى الفرض الأول قد أجرى تجارب فلم تؤيد الفرض ، فكان عليه حينئذ أن ينبذ هذا الفرض وأن يستبدل به فرضاً آخر فأجرى تجارب وجدها مؤيدة له وإن كان ذلك بطريقة غير مباشرة . وبهذا التجريب استطاع أن يثبت صحة الفرض ، وبالتالى أن يضع القانون المفسر لهذه الظواهر المتصلة بسقوط الأجسام . ومن هذا يتبين إذن أن للمنهج التجريبى فقرات ثلاثاً : هى ١ — الملاحظة أو المشاهدة ، ٢ — الفرض ، ٣ — التجريب expérimentation .

وهنا يحسن بنا أن ننظر فى العلوم الطبيعية المختلفة من أجل معرفة نصيب كل منها من هذه الخطوات الثلاث . فنجد أولا أن ثمة علوماً تكاد أن تقتصر على الخطوة الأولى : فعلم النبات ، على الأقل فى صورته الأولية ، وعلم الحيوان وعلم المورفولوجيا عامة ، وعلم الكيمياء فيما قبل القرن السابع عشر — كل هذه العلوم كانت وصفية تقوم على الملاحظة وحدها ، بأن يلاحظ العالم الموضوعات المختلفة التى تنتسب إلى العلم الذى يبحث فيه ، ثم يصنف هذه الموضوعات وفقاً لمعلومات معينة ، بأن يصنف فى علم النبات مثلا النباتات على أساس الفلقة فى البذرة ... إلخ أو على أساس ظهور أعضاء التأنيث والتذكير أو عدم ظهورها فى النبات ، وهو فى هذه الأحوال يشاهد ولا يجرب . كما أنه من ناحية أخرى لا يتنبأ بشىء ، إنما التنبؤ — إذا تم فى هذه الحالة — سيكون من شأن علم الزراعة .

وثانياً — هناك علوم تعتمد حقاً على الملاحظة ولا تقوم بالتجريب ولكنها لا تقتصر على الوصف بل تنتهى إلى وضع قوانين دقيقة قد تصل أحياناً إلى الغاية من الدقة، كما فى علم الفلك : فعلم الفلك يضع قوانين لمسار الكواكب أو حدوث الظواهر الفلكية المختلفة من كسوف وخسوف وهالات .. إلخ وكيفية موقع الأجرام بعضها من بعض وكيفية انتقال الضوء ووقوع الأشياء بعضها من بعض . فهنا نجد الفلكى ينتهى إلى قوانين بينما عالم النبات لا ينتهى إلى شىء منها بل يكتفى بمجرد التعريف والتصنيف . ولكنه يتفق مع عالم النبات فى أنه لا يقوم بالتجريب . ولما كان العالم الفلكى يقوم بوضع قوانين فإن من شأن القوانين أن تهيىء الفرصة للتنبؤ، والتنبؤ من شأنه أن يعطى الإنسان قدرة على الطبيعة، سلبية فى حالة علم كعلم الفلك، ولكنها إيجابية فى حالة علم كعلم الفزياء . وعلى كل حال فالمهم أننا فى علم الفلك نقوم بوضع قوانين، وبالتنبؤ وفقاً لهذه القوانين .

وثالثاً — يوجد نوع ثالث من العلوم لا نقتصر فيه على مجرد الملاحظة ولا على مجرد وضع قوانين دون التجريب، بل نمتد من هذا أيضاً إلى إجراء التجارب التى نثيرها إثارة . فنحن فى حالة علم كالفزياء نستطيع أن نلاحظ مثلا الظواهر الصوتية، ونستطيع أن نضع بعد هذا، القوانين لهذه الظواهر، حسب المشاهدة، كما نستطيع أيضاً أن نضع الفروض، ثم نجرى التجارب العملية التى نحدثها نحن إحداثاً، ولا ننتظر حتى تحدثها الطبيعة، فنقوم فى هذه الحالة بعملية تجريب، ولا نقتصر على الملاحظة والفرض ووضع القانون . وهذه القدرة على إيجاد التجارب بدلا من ترصد وقوعها بفعل الطبيعة هى القدرة الخالقة فى العلوم الفزيائية التجريبية، وهى التى بسببها نعت كلود برنار الإنسان العالم القائم بالتجارب، بأنه « الرئيس المساعد (الأسطى) للخلق le contremaitre de la création »

ولكن يجب مع ذلك ألا نغالى فى هذه التفرقة بين التجريب فى حالة العلوم التجريبية (الطبيعية) الموجدة للتجارب مباشرة وبين الحالة الأخرى التى هى حالة الملاحظة البسيطة الساذجة التى لا تؤدى إلى إيجاد التجارب مباشرة ، بل تنتظر حتى تحدث الطبيعة أحداثها ، ثم ترصدها . ذلك أننا هنا فى الواقع بإزاء نوعين من التجارب : فالنوع الأول وهو الموجود فى علم الفزياء مثلا نوع مستثار provoqué والنوع الثانى نوع مهاب به invoqué ، وبهذا يتحدد نصيب كل قسم من أقسام العلوم الطبيعية فى داخل المنهج التجريبى .

لكن ليس معنى هذا أن كل علم منها يتبع خطوة واحدة من هذه الخطوات الثلاث أو الثلاث معاً ، ولكن يصح أن يكون فى جزء منه تابعاً لخطوة واحدة وفى جزء آخر تابعاً للخطوات الثلاث معاً ، ويصح أن يكون ملاحظاً متنبئاً فى بعض أنحائه ، ويكون ملاحظاً فقط فى بعض ثان من أنحائه ، وملاحظاً متنبئاً مستثيراً للتجارب فى بعض ثالث من هذه الأنحاء .

عناصر المشاهدة : العنصر الأول الذى تقوم عليه المشاهدة هو عنصر العيان الحسى ، فالحس يجب أن يكون المحرك الأول لكل بحث علمى . ولهذا نجد تقسيمات العلوم الطبيعية قائمة على هذا الأساس فى البدء ، فتقسيم العلوم الفزيائية إلى علم ضوء وصوت وحرارة ... الخ إنما يقوم فى الأصل على أساس التمييز بين الحواس المختلفة وما ينتسب من كل منها إلى ميدان الطبيعة . هذا إلى أن المشاهدات الحسية كثيراً ما كانت الأصل فى الاكتشافات العلمية العالية فيما بعد . فقانون سقوط الأجسام لجليليو قد اكتشفه هذا ابتداءً من ملاحظة ازدياد السرعة كلما اقترب الجسم من الأرض . وتورتشلى Toricelli

قد اكتشف نظرياته الخاصة بالضغط الجوى ابتداء من ملاحظات رآها القائمون على الينابيع والمياه المعدنية فى فلورنسا .

وهكذا نجد أن المشاهدات الحسية كانت دائماً نقطة البدء فى كثير من النظريات العلمية ، وفضلا عن هذا فإن الأجهزة التى نعدُّها اليوم الأداة الرئيسية فى العلم ، إنما ترتد فى النهاية إلى الإحساس أو العيان الحسى ، أو على حد تعبير البعض هى امتدادات مقوية للحواس . فمثلا الترمومتر يجب أن يعدّ زيادة فى حس اللمس ، والمقراب يجب أن يُعدّ زيادة فى حس الإبصار . . . الخ وفضلا عن هذا كله فإننا نحتاج دائماً من أجل جعل التجريد أقرب إلى الفهم ، إلى استخدام الرسوم البيانية من مربعات تسجيلية وإحداثيات . . . الخ بل نسجل بالدقة التغيرات الخاصة بظاهرة من الظواهر . كما قد أعاننا كثير من الآلات التى اخترعت حديثاً ، كالسينما ، على أن نتتبع تطور بعض الأشياء فى لحظة وجيزة مما لم يكن ميسراً من قبل إلا فى سنوات بل وفى أعمار متطاولة . فالسينما مثلاً تهيء لنا أن نتتبع تطور حيوان أو نبات ابتداءً من البذرة أو الحيوان حتى نصل إلى آخر درجات نموه ثم إثماره ثم انتهائه — ؛ وفى هذا نحن نعتمد على المشاهدة الحسية التى تيسرها لنا الآلات المسجلة . غير أن هذه الأهمية التى للعيان الحسى يجب ألا تنسينا أن المشاهدة لا يمكن أن ترتد إلى مجرد عيان حسى ، بل تشمل إلى جانب هذا ألواناً مختلفة من العيانات الحسية جامعة بينها جميعاً ، ومكونة فى النهاية المشاهدةَ العلمية بالمعنى الدقيق لهذه الكلمة . فعلينا أن نفرق بين المشاهدة التجريبية والمشاهدة العلمية . فيجب أن نفرق أولا بين المشاهدة البسيطة والمشاهدة العلمية . فالأولى هى التى نقوم بها عرضاً فى الحياة العادية دون أن نقصد إلى الملاحظة فعلاً ودون أن نركز انتباهنا منذ البدء فى ناحية معينة . وهذه

المشاهدة لها قيمتها العلمية أيضاً : فكثير من الاكتشافات ابتدأت بمثل هذه الملاحظة. غير أن هذه لا تكفى ، بل لابد لنا من أن ننوع فى ميدان الملاحظة وأن نقصد إليها قصداً ، حتى نستطيع أن نصل إلى مشاهدة علمية بالمعنى الدقيق .

والمشاهدة العلمية بالمعنى الدقيق هى تلك التى يبدأ فيها المرء من فرض أو يحاول بواسطتها أن يبحث فى ناحية معينة . فهنا يقوم المرء بمشاهدات مختلفة منوعاً فيها ، محاولا أن يجعل الكثير منها يتضافر من أجل إيضاح ظاهرة معينة ، أو التحقق من صحة فرض ما . ويجب أن تكون هذه الملاحظة دقيقة كل الدقة ، فلا نغفل أى عامل قد يكون له أثر فى إحداث الظاهرة . ومن أجل هذا كان علينا أن نفرق — كما فعل كلود برنار — بين نوعين من المشاهدة : المشاهدة البسيطة والمشاهدة المسلحة ، فالأولى تقوم على الحواس المجردة مباشرة ، أما المشاهدة المسلحة فهى تلك التى نستعين فى تحقيقها بالأجهزة المختلفة التى تهيىء لنا تقوية الحواس أو اكتشاف ظواهر لا يمكن أن تكتشف بالحس المجرد ، أو وضع الظواهر تحت سلطاننا ومراقبتنا بدقة ، أو تكرار الظواهر فى أحوال ملائمة — إلى آخر تلك الفوائد التى تيسرها لنا الأجهزة والأدوات .

والأجهزة من أجل هذا ، على درجة هائلة من الأهمية ، وتنقسم إلى عدة أنواع : أولا : الأجهزة التى من شأنها أن تهيىء وتعد للملاحظة ، ولا تعدّ فى الواقع أجهزة بالمعنى الدقيق ، وإنما هى أدوات تمهد الطريق لإجراء المشاهدات ، فمثلاً المبضع scalpel : نستعين به فى إجراء تشريحات فى الجسم مما يهيىء لنا — على حد تعبير كلود برنار — أن ننفذ فى داخل المادة الحية من أجل ملاحظة ما لها من تركيب . وأدق منه ما يمكن أن يسمى باسم « المشرح الدقيق » microtome .

ثانياً : الآلات التى تهيىء لنا أن ندقق فى الملاحظة ، بأن توسع من الطاقة

التى لنا ، المتصلة بحس ما ، مثل الجهاز الذى يزيد فى قوة الإبصار للأشياء الدقيقة والمقراب الذى ييسر مشاهدة الأشياء البعيدة ... الخ .

ثالثاً : الأجهزة التى تيسر لنا مشاهدة ظواهر لا يمكن أن تدرك بالحس المباشر ، لأنها لا تظهر بواسطته ، مثل الإلكتروسكوب électroscope أو الاسپكتروسكوب spectoscope .

رابعاً : الأجهزة المسجلة enregistreurs فهذه تسجل من الظواهر ما لا يمكن أن يتم بدقة بدون جهاز . فمثلا بالنسبة إلى الظواهر الجوية ، مسجل الزلازل أو السِّسموجراف sismographe أو الانيموجراف anémographe (مسجل الرياح).

وفيما يتصل بالمسائل الفسيولوجية ، يوجد مثلا الكارديوجراف Cardiographe أى مسجل نبض القلب ثم مسجل ضغط الدم ، ومسجل التوتر العضلى .

خامساً : أجهزة تجمع بين الناحيتين : التسجيل والتوسع فى الإحساس مثل الترمومتر ذو النهاية الصغرى والنهاية الكبرى أو الترمومتر المسجل أو البارومتر المسجل أو مقياس الرطوبة المسجل.

فكل هذه الأجهزة تهيء لنا الدقة وأن نقوم بالملاحظة فى أحسن الظروف الملائمة وبدرجة من الدقة تزداد باستمرار . وقد كان لتطور الأجهزة فى السنوات الأخيرة أخطر الأثر فى تطور العلوم الطبيعية خصوصاً الأجهزة المتصلة بالقياس أو الوزن ، فقد بلغت الدقة فى بعضها أن هيأت لنا أن نزن $\frac{1}{\text{مليار}}$ من الكيلو جرام أو نقيس $\frac{1}{\text{مليار}}$ من الكيلو متر .

غير أننا فى هذا كله لا نزال فى داخل المشاهدة بالمعنى الدقيق أى تلك التى لم تختلط بالتجربة بعد ، وعلينا الآن أن نفرق بين التجربة والمشاهدة بكل دقة فنقول إن الملاحظة تتعلق بأشياء تعرض لنا دون أن نستثيرها أو نحدثها بأنفسنا، أما التجربة فتتعلق بظواهر نستثيرها نحن ، ولهذا فالتجربة يمكن أن تعرف بأنها مشاهدة مستثارة . وبهـذا المعنى يقول كلود برنار : حينما ننتظر الظواهر حتى تحدث ، مسجلين حدوثها خطوة خطوة ، فإننا لا نقوم فى هذه الحالة إلا بعملية مشاهدة . أما إذا كان لدينا فرض ، ونريد أن نتحقق من صحتـه ، فإننا نقوم بمشاهدات وتجارب من شأنها أن تحقق هذا الفرض .

وعلى هذا فالفارق الحقيقى بين المشاهدة والتجريب ، أن المشاهدة ليس فيها فرض سابق غالباً ، كما أنها تأتى غالباً من ملاحظة ظواهر تطرأ أمام الإنسان ، دون أن يستثيرها هو ، بينما التجريب يأتى دائمـا عن طريق استثارة ظواهر ثم مشاهدتها .

والتجريب نوعان : نوع يبدأ من فرض معين ، وآخر لا يبدأ من فرض ، لأنه لم يتم بعد تحقيق دقيق للتفسير الذى يمكن أن يوضع للظاهرة ، ولهذا يسمى هذا النوع الأخير باسم التجربة للرؤية expérience pour voir. فالتجربة للرؤية معناها ألا يكون لدى الإنسان فرض معين عن ظاهرة ما ، لأنه لم يكتشف بعد ماعسى التفسير الصحيح أن يكون . وهنا ليس عليه أن يقف ، بل عليه أن يجرب ويجرب ، ويستمر فى التجريب ، لأن مجرد التجريب يـكفى أحياناً لاستثارة فـكرة عن التفسير أو لإنتاج فرض ما . فهذا النوع من التجريب هو من أجل الرؤية ، أى من أجـل رؤية ما عسى أن يكون الفرض الصحيح الذى إذا ما اكتشفناه تحقق فيما بعد بواسطة تجـارب تتضافر كلها من أجل تحقيقه ،

فلا تجرى التجارب — كما هى الحال فى التجربة للرؤية — حينما تتفق أو من غير فكرة سابقة أو من غير توجيه للتجربة فى اتجاه معين ، بل تجرى كلها من أجل تحقيق هذا الفرض . وهنا ننتقل إلى النوع الثانى من التجريب الذى يجب أن يعد التجريب بالمعنى الحقيقى ، وفيه نبدأ من فرض معين اعتقدنا صحته ، ونجرى التجارب من أجل تحقيقه ، مستعينين فى ذلك بما لدينا من أجهزة . والتجارب فى هذه الحالة إما أن تكون أولا لتكرار ظواهر لا نكاد نجدها فى الطبيعة الخارجية إلا نادراً . فمثلا بالنسبة للأجسام السريعة التأكسد كالصوديوم والپوتاسيوم ، نستطيع بواسطة التجربة أن نكرر التجارب عليها بحيث تكون خالية من أية أكسدة . وثانياً : أن نوجد ظواهر لا تتحقق فى الطبيعة الخارجية ، فنأتى نحن ونحدثها فى صورة تهيىء لنا دراستها على النحو الأكمل . ثالثاً : من أجل استعادة ظواهر لا نستطيع أن نأتى بها بواسطة المشاهدة البسيطة ، فنستعين بالتجريب من أجل استعادة هذه التجارب التى حدثت فى الطبيعة ولا ندرى هل ستحدث مرة أخرى أو لا تحدث . رابعاً : أن ننوع فى الظروف والأحوال التى توجد فيها التجارب ، وهذا ييسر لنا أن نستبعد كل الأحوال التى لا يمكن أن تكون مؤثرة حقاً على الظواهر فنقصر التفسير على العلل الحقيقية مستبعدين الظواهر العرضية . وفضلاً عن هذا فإن تنويع الأحوال والظروف التى توجد فيها الظاهرة ، من شأنه أن يجعلنا ندرسها بدقة أكبر لأننا سنعرف كل الأحوال الممكنة التى يتيسر فيها حدوث هذه الظاهرة ، كما نعرف كل الأسباب تقريباً التى تؤدى إلى إحداثها . خامساً : أن التجريب يهيىء لنا تبسيط الظاهرة إلى أقصى حد . ولعل هذا أن يكون أهم ما يأتى به التجريب ، ذلك أن كل ظاهرة لا تأتى فى الطبيعة مستقلة ، بل يرادفها كثير من الظواهر العرضية والأشياء المتغيرة ، وعلينا نحن فى التفسير العلمى لأية ظاهرة أن نستبعد المتغيرات قدر الإمكان ،

ولا نبقى إلا على الثوابت . فمن شأن التجريب أن يحد من نطاق العوامل العرضية وبالتالى المتغيرات فيقصر هذه الظاهرة المدروسة — من ناحية تأثرها وعوامل إحداثها — على العوامل المباشرة التى أنتجتها أى على العلل الثابتة الموجودة أيضاً عند حدوث هذه الظاهرة . أما العوامل العرضية الثانوية المتغيرة ، فتستبعد بواسطة التجريب . وهـذا ما يسميه بيكون باسم التجربة الحاسمة cruciale أى تلك التى تهيىء لنا أن نعرف بالدقة الأسباب الوحيدة الثابتة الحقيقية المنتجة للظاهرة .

ولو نظرنا بعد هذا فى الصلة بين التجريب والمشاهدة ، وجدنا أنه وإن كان صحيحاً أننا فى التجربة نخضع الطبيعة ، بينما فى المشاهدة نحن نخضع للطبيعة ، فإن الفارق بينهما ليس على هـذا النحو من الحدة . فثمة نوع من التجارب هو التجارب السلبية التى هى نوع من المشاهدة فقط : فمثلاً الطبيب الذى يذهب إلى عدة أماكن مختلفة موبوءة بوباء ما ، من أجل دراسة هذا الوباء ، فإنه يقوم بالتجريب ، لأن انتقاله معناه استثارة التجارب بمعنى أنه لا ينتجها هو بالفعل ، بل تـكون هى حاضرة أمامه من نفسها — فهذا النوع يمكن أن يعدّ ملاحظة وتجريباً . ويظهر خصوصاً فى الدراسات الفسيولوجية والنفسية الحديثة ، ففى كثير من الأحوال المرضية يمـكن أن نعدّ بعض الظواهر مستثارة ، وإن كانت هـذه الاستثارة ليست على النحو المعروف فى استثارة الظواهر الفزيائية .

شروط الملاحظة : والملاحظة لـكى تـكون مؤدية إلى الغاية المقصودة منها يجب أن تـكون وافية بشروط أهمها :

أولا : أن تـكون الملاحظة كاملة ، بمعنى أن من الواجب أن يلاحظ المرء كل العوامل التى قد يكون لها أثر فى إحداث الظاهرة ، لأن إغفال بعض العوامل

قد يؤدى أحياناً إلى عدم معرفة بعض الظواهر من حيث العوامل التى أدت إلى إيجادها فعلا ، أو من حيث ارتباطها بغيرها أو من حيث إمكان إنتاجها فى ظروف أخرى غير الظروف التى أنتجتها العوامل الظاهرة .

ثانياً : يجب أن تكون الملاحظة نزيهة ، بمعنى أنه يجب على الملاحظ ألا يتأثر بأى معنى من المعانى السابقة ولا بأى اتجاه يملى عليه إملاء من شىء آخر غير الظاهرة التى أمامه . حقاً إننا بعد الملاحظة ، أثناء التجريب ، نبدأ دائماً من فرض نحاول تحقيقه ، ولكن يجب ألا نتأثر بهذا الفرض إلى حد أن يعمينا عن إدراك أن الظواهر التى أمامنا ليست أحيانا هى التى تفسر بهذا الفرض فنتوهم كذباً أن هذا هو التفسير الحقيقى ، مع أننا مسوقون هنا لا بما دلت عليه الملاحظة الخارجية ، ولكن بمعنى سابق هو الذى أتانا من الفرض المراد تحقيقه .

وإذا كان هـذا ما يجب أن يتوافر ، فيجب من ناحية أخرى أن نراعى الأخطاء التى قد نقع فيها إبان الملاحظة . وأول هـذه الأخطاء ينشأ عن طبيعة الملاحظ ، فقد يكون ثمة فساد فى أحد حواسه ، كما هى الحال مثلاً فى المصابين بالنقص الدالتونى ممن لا يستطيعون التمييز بين الأحمر والأخضر : — وقد يكون الخطأ صادراً عن الأجهزة ، فأحياناً يكون الخطأ ناشئاً عن عدم مراعاة كل الظروف التى يجب أن تراعى إبان عملية ما ، ولتكن الوزن مثلاً ، فلا نحسب حساباً مثلا للريح أو لدرجة الحرارة : — وقد يكون الفساد من الجهاز نفسه بسبب عوامل أثرت فيه من تأكسد أو تميع.. .إلخ . — وقد تنشأ الأخطاء ثالثاً من عدم مراعاة الوقائع كما هى ، وذلك بأن نتوهم وقائع معينة ليست موجودة فى الأصل ، ونحسب أنها هى الوقائع الحقيقية مع أنهـا أغلب ما تكون أوهام صادرة عن طبيعة جهازنا النفسية — فلكل منا فى تأثره بالظاهرة الخارجية نوع من رد الفعل ، له منحنى معين خاص بكل شخص على حدة ، وهو ماينعت

عادة باسم « المتساوية الشخصية » équation personnelle ويقصد بها درجة التأثر الناشئة عن رد الفعل عند شخص معين بإزاء ظاهرة ما ، ففي المسائل الفلكية مثلا ، لملاحظة ظاهرة ما من أجل تعيين الزمان ، قد يتأثر الشخص تأثراً مختلفاً عنه في شخص آخر ، ولهذا يجب أن نستبعد هذه المتساوية الشخصية، وذلك بأن نقلل جانب التأثر الإنسانى قدر الإمكان . ومن هنا يلجأ العلم شيئاً فشيئاً إلى الاستعاضة عن الإنسان بالأجهزة والآلات . فبدلاً من أن يقوم الإنسان بالتقدير والتسجيل تقوم الآلات بهذا . ففي بعض المراصد تستعمل عادة طرق للتسجيل ناشئة عن الخواص المتعلقة بالخلايا الكهروطيسية . فبهذا نستطيع أن نلغى المتساوية الشخصية ، بعد أن كنا نفتقر إلى تقديرها أولا ، وهو تقدير تقريبى باستمرار لتعذر تعيين الثوابت نظراً لكثرة المتغيرات . — ورابعاً قد تنشأ الأخطاء فى الملاحظة بسبب عدم العناية التى توجه إلى ظاهرة بالذات من أجل ملاحظتها ، فعلينا أن نعنى دائماً بتوجيه كل انتباه إبان الملاحظة ، وذلك حتى لا نغفل شيئاً من الأشياء ، وحتى لا نهمل فى تقدير أى عامل ، أو نخطىء فى معرفة مقدار ما له من أثر فى إحداث الظاهرة .

ويجب أن يلاحظ فوق ذلك ، الأخطاء العديدة التى منشؤها أن العقل لا يمكن أن يُعد سلبياً فى حالة التأثر بالظواهر الخارجية ، لأنه فى التأثر يخضع لما يلى :

أولا : الاختيار ؛ ذلك أن العقل فى ملاحظته للظواهر لا يلاحظ منها إلا ما يتصل بحاجاته الخاصة ، لأنه ليس مجرد حب استطلاع مطلق ، ولكنه حب استطلاع من أجل إفادة الحاجات العملية ، أو العقلية ، أى إفادة حاجة ما على أية حال . ولهذا نختار دائماً من بين الظواهر الخارجية ما يتفق مع اتجاهاتنا وأغراضنا .

ثانياً : الخلط بين الفكرة والواقعة ، أو الحقيقة والواقعة ؛ ذلك أن الوقائع لا تظهر كما هى بل سرعان ما نحيلها نحن إلى حقائق أو أفكار مجردة عقلية ، لعلها أن تخلق خلقاً ، ولا أصل لها من الواقع فى كثير من الأحيان . فليس العقل تلك الآلة الشمسية (الفوتوغرافيا) التى زعمها كلود برنار . بل إن العقل يحيل دائماً ما يراه من وقائع إلى حقائق مجردة وأفكار .

وقد لا يكون لتلك الأفكار أى أصل فى الخارج فتكون من خلقه هو . ومن الشواهد على ذلك ما زعمه أحد الفزيائيين سنة ١٩٠٣ من أنه اكتشف ما سماه بأشعة ﻫ التى أثارت كثيراً من الجدل ، ولم تكن فى الواقع غير وهم من أوهامه حاول أن يخدع به الآخرين ، وأصبح لذلك الوهم تاريخ معروف . لهذا يقول ليروا Ed. Le Roy إنه لا فارق ، فى الواقع ، بين الفكرة وبين الواقعة ، لأننا نخلق الفكرة والواقعة معاً ، وكل واقعة نحيلها نحن إلى فكرة لأننا لا نستطيع أن ندركها إلا على هذا الأساس .

وثالثاً : نحن قد نغفل فى كثير من الأحيان ما يسميه بيكون باسم الوقائع الممتازة ونتعلق بوقائع أخرى عرضية غالباً ، ولا تستطيع إذن أن تؤدى باستقرائها إلى القانون المطلوب إيجاده . — ذلك أن الوقائع على أنواع ، كما صنفها بيكون ، فهناك أولا الوقائع المكشوفة ostensifs وهى تلك التى تبدو فيها الظاهرة أوضح ما تكون: فظاهرة تمدد الأجسام بالحرارة تظهر بوضوح فى الأجسام الصلبة أكثر من وضوحها فى الأجسام السائلة أو الغازية . والوقائع المستترة clandestins وهى لا تبدو بوضوح ولكنها مع ذلك حقيقية ويجب أن نراعيها ، وذلك مثل حركة الأميبا . ثم الوقائع المنحرفة déviateurs وهى تلك التى تنحرف عن أحوال مطردة ، وتكوّن ما يسمى باسم « الأحوال

المرضية » كما يظهر خصوصاً فى الأمراض الباطنة أو فى تركيب الأجهزة المختلفة فى الأجسام العضوية المختلفة . ثم الوقائع المتماثلة ، وهى التى تكشف لنا بواسطة التماثل عن خواص لا يمكن كشفها إلا بصعوبة بطريق مباشر ، فنستطيع أن نفهم مثلا وظيفة الخياشيم فى السمك بمماثلتها بالرئة فى الإنسان . ومنهج المماثلة من أخصب المناهج هو ومنهج التوافق ، فى المسائل العضوية . — ثم الوقائع المتنقلة itinérants : فإذا أردنا أن نبحث فى تطور الكائن الحى من الحيوانات الدنيا إلى الإنسان أو إذا وضعنا كل إنسان على حدة فى داخل نوعه ، فالوقائع هنا تسمى وقائع متنقلة ، فهى تبين كيفية تطور الكائن ومراحل هذا التطور .

فبمراعاتنا لكل هذه الأنواع والوقائع نستطيع أن نتبين ، بوضوح ، الظواهر المختلفة ، والأسباب المولدة لها . ولكننا غالباً لا نلجأ إلى الوقائع الممتازة ، ونقتصر على الوقائع العرضية مما يقلل من قيمة الملاحظة .

غير أنه لا يمكن عدّ هذه العيوب ، عيوباً فى الواقع — فى كل الأحوال — فقد يفيد أولاً أن نقتصر على بعض الظواهر دون البعض الآخر ، لكى تتم الدراسة بشكل أوفى وأتم . وثانياً أنه ليس فى وسع الإنسان أن يتعلق بكل الظواهر أياً كانت ، كما أن الأصل فى العلم هو أن يكون مشاركة من جانب الإنسان فى الطبيعة . فمن الضرورى أن يكون هناك خلط بين الوقائع والأفكار ، أى بين ما يأتى من الخارج وما يأتى من النفس . فليس لنا أن نتوقع أن تفى المشاهدة بكل هذه الشروط التى ذكرناها . ويضاف إلى هذا أيضاً إغفال بعض الحقائق أو الوقائع التى وصلنا إليها ، نظراً لما نعتقده حينئذ من عدم أهميتها ، ولكن هذا الإغفال كثيراً ما أدى إلى عدم اكتشاف كثير من الوقائع المهمة : فقد حدث مثلا بالنسبة إلى اكتشاف أنواع البكتيريات أن بعض العلماء الفرنسيين

تبينوا فى أغنام ماتت مختنقة بواسطة الكربون أن هناك عصيَّات bacilles فى دم هذه الأغنام ، ولكنهم لم ينتبهوا إليها حتى إذا ما جاء باستور تبين له أن هذه البكتريات هى السبب فى موت الأغنام . — فعدم اعتبار هذه الظاهرة مع أنها لوحظت قد أدَّى إلى عدم اكتشاف هذا العامل الجوهرى فى الفساد أو العفونة التى تحدث للكائنات الحية ؛ ومن الأمثلة على ذلك أيضاً عدم تنبه أمبير لخاصية التوصيل الكهربى ، وهى الخاصية التى أقيم على أساسها فيما بعد الدينامو وأنواع المحركات الكهربية المختلفة . فاكتشافات أمبير كانت كفيلة أن تؤدى به إلى خاصية التوصيل الكهربى ، ولكنه لم يكتشفها ، ولذلك لم يعرف كل هذه الآلات المتعلقة بتوليد القوى الكهربية .

والخلاصة أننا يجب أن نخضع الملاحظة لشرائط تتعلق : أولا بالشخص ، وتتعلق ثانياً بالأجهزة ، وتتعلق ثالثاً بطريقة دراسة الظواهر المختلفة التى تتصل بواقعة ما — فإذا استطعنا الوفاء بهذه الشروط ، بنيت الملاحظة على أساس متين . ولما كان التجريب ما هو إلا نوع من الملاحظة المستثارة ، فإن هذه الشروط التى ذكرناها بالنسبة لهذه الملاحظة تنطبق أيضاً على التجريب .

التجريب : والتجريب إنما يبدأ حينما يكون لدينا فرض ونحاول بعد هذا أن نحققه ، وعلى ذلك نستطيع أن نعزل التجريب عن الملاحظة ابتداء من فكرة الفرض . فأول ما يجب دراسته فى التجريب هو كيفية تكوين الفروض . ونتلو ذلك بأن نبحث فى تحقيق الفروض ، ثم فى استخراج القوانين المختلفة بعد استقرائنا لفروض عديدة حتى نصل إلى وضع النظرية ، ثم الفروض العامة التى تخضع لها مجموعات معينة من النظريات المتعلقة بميدان ميدان من ميادين البحث العلمى .

الفرض : تكوين الفروض يخضع لمقاصد معينة ، على حد تعبير ماخ فى

كتابه « المعرفة والخطأ » : فهذه القاصد أو الدوافع على أنواع عدة ، يجب أن يبدأ البحث فى الفروض بالبحث فيها ، حتى يمكننا أن نتبين كيف يمكن بالنسبة إلى مجموعة من الظواهر المشاهدة ، أن نستخرج القانون العام الذى بواسطته قد يكون فى وسعنا أن نفسر ظاهرة ما من الظواهر ، لأن الإنسان فى وضعه للفروض يخضع لعوامل عدة تتصل بنوع العلم الباحث فيه ، ثم بالنظام التحليلى الموجود فى ذهنه ، والذى يقبل بواسطته على الظواهر الخارجيـــة من أجل تحليلها — كما يخضع ثالثاً لعدد الظواهر الخارجية التى يدرسها ، وما بها من تنوع ، والدرجات المختلفة لهذا التنوع فى الظواهر ، مما يجعل إمكانية الفرض تتفاوت وفقاً للظروف المختلفة للوقائع .

الفرض إذن على حد تعبير ماخ ، تفسير موقت لوقائع معينة ، لا يزال بمعزل عن امتحان الوقائع ، حتى إذا ما امتحن فى الوقائع ، أصبح من بعد إما فرضاً زائفاً يجب أن يعدل عنه إلى غيره ، وإما قانوناً يفسر مجرى الظواهر .

واتخاذ الفروض لم يصبح منهجاً علمياً معترفاً به : إلا فى القرن التاسع عشر ، بفضل أبحاث Whewell ثم كلود برنار Claude Bernard . ذلك أن الداعين إلى المنهج العلمى فى مستهل العصر الحديث ، حينما رأوا ما أدت إليه الفروض الواسعة المجازفة المجانية التى كان يفترضها رجال العصور الوسطى من دون قيام على أساس من الوقائع ، أو محاولة للتفسير الوضعى الحقيقى ، قد أرسلوا تحذيرات حارّة ضد استخدام الفروض .

فبيكون قد نصح دائماً بالاعتماد على الوقائع وحدها ، دون افتراض أى فرض . وديكارت كذلك قد نصح بأن لا يبدأ المرء عن معان سابقة ، حتى لا تقوده هذه المعانى إلى افتراض ما ليس بموجود . فاستمرت القاعدة الرئيسية السائدة عند هؤلاء إلى النصف الثانى من القرن التاسع عشر ، هى التحفظ فى استخدام

الفروض إلى أقصى حد ، وإن أمكن : تجنب استخدامها إطلاقاً . لكن تبين خصوصاً بفضل أبحاث كلود برنار أن للفروض قيما خاصة فى استخراج القوانين التى يجب أن تفسر على أساسها الظواهر ، فأشاد باستخدامها ونصح بذلك ووضع القواعد لها ، ثم أتى من بعده Whewell ، ثم أرنست ماخ ، ثم كل هؤلاء الذين بحثوا الشروط التى يتم فيها الاختراع فى العلم ، مثل Picard و Naville وارنست ماخ ، فبينوا الأحوال التى تنشأ عنها الفروض ، والشروط التى يجب أن تتوافر من أجل إنتاج فروض جيدة . فعلينا إذن أن نقسم البحث الآن إلى ثلاثة أقسام رئيسية :

١ — نشأة الفروض . ٢ — شروط الافتراض . ٣ — نقد الفروض .

١ — نشأة الفروض :

أما فيما يتصل بنشأة الفروض ، فإن هذه تقوم على عوامل خارجية وأخرى باطنة . أما العوامل الخارجية فأولها أن يبدأ الإنسان من واقعة ملاحظة فى التجربة الجزئية ، ويفكر فيها ، وابتداء من هذه الواقعة يحاول أن يفترض ما عسى أن يكون القانون الذى تخضع له هى وأمثالها . وقد رأينا عند كلامنا عن قانون سقوط الأجسام عند جليليو ، كيف أنه ابتدأ من ظاهرة أو واقعة بسيطة مشاهدة ، هى ازدياد الإسراع كلما اقترب الجسم من الأرض ، فأدى به هذا الذى شاهده إلى افتراض قانون يمكن أن تسير عليه الأجسام فى سقوطها .

وثانياً : قد تنشأ الفروض من مجرد الصدفة ، فكثيراً ما يقع الإنسان على ظواهر تهديه إلى وضع فرض ، دون أن يكون قد قصد إلى ذلك فعلا . ونحن نعرف مثلا ما حدث بالنسبة إلى نيوتن ، وما حدث أيضاً بالنسبة إلى جليليو ، ففى كل هذه الأحوال المختلفة وصل العالم عن طريق المصادفة البحت إلى فرض الفروض .

وثالثاً : قد يدعونا إلى افتراض الفروض مجرّد إجراء تجارب الرؤية ، كما حدّدنا هذا اللفظ من قبل ، فبإجراء كثير من التجارب ، وبالتعديل فى هذه التجارب قدر المستطاع ، وبتنويع الأحوال المختلفة التى تجرى فيها هذه التجارب ، دون أن نكون مسوقين بفرض معين ، نستطيع أحياناً أن نصل إلى وضع فروض قد تتحقق فيما بعد . فمثلا حينما بحث كلود برنار فى مادة الكورار curare — وهى مادة كان من المعروف أنها سامة قاتلة ، ولكن لم يكن معروفاً لماذا هى قاتلة ، والكيفية التى بها تقتل — أنشأ عدة تجارب ، بأن حقن كثيراً من الحيوانات بهذه المادة ، ثم كشف عن الأحوال التى يتم فيها موتها ، فوجد أن هذه المادة تقتل الأجسام الحية ، بشل الأعصاب المحركة . وكذلك الحال أيضاً فى التجارب التى قام بها روبرت كوخ R. Koch مثلا ، فقد أقام عدة تجارب على فئران ، من أجل معرفة تأثير بعض العصيّات bacille أو (البسلاّت) وبواسطة هذه التجارب المتعددة استطاع أن يعرف الأصل فى مرض الكوليرا والأحوال التى يتم فيها حدوثه .

تلك إذن على وجه العموم ، العوامل الخارجية التى تدعو إلى فرض الفروض . والعوامل الداخلية أخطر من هذه بكثير . ذلك أن العوامل الخارجية ليست إلا مجرد فُرَص ومناسبات لوضع الفرض ، ولا يمكن بأى حال من الأحوال أن تكون شروطاً كافية للافتراض ، فأكثر الظواهر التى شاهدها كبار العلماء ، وأقاموا عليها فروضهم العلمية ، يشاهدها كل الناس كل يوم ، دون أن يثير ذلك أدنى انتباه فيهم ، فظاهرة سقوط الأجسام مثلا ، ظاهرة مشاهدة فى كل دقيقة وعند كل إنسان ، ومع ذلك لم يصل أحد قبل نيوتن إلى وضع قانون الجاذبية .

فالأمر يتوقف فى هذه الحالة على العوامل الباطنة ، أى على الأفكار التى

تثيرها الظواهر الخارجية فى نفس المشاهد . والمهم فى هذه الحالة هو أن يحيل الإنسان المُشاهِد هذه الظواهر إلى وقائع وأفكار علمية يكوّن من مجموعها قانوناً أو نظرية ، وهذا لن يتم إلا بواسطة وضع فكرة من شأنها أن تفسر هذه الظواهر . ولكن على أى نحو يتم هذا التفكير فى العوامل الخارجية ، أو الظواهر الملاحظة ؟

هنا أيضاً نستطيع أن نحدد عوامل ثلاثة يتم فيهما تأثير الأحوال الباطنة أولها ما يسميه كلود برنار باسم العاطفة الذاتية وهى الشيء الخاص الذى يجعلنا نفرض بنوع من الوجدان أو العيان الحدسى ما عسى أن يكون القانون الذى عليه تجرى الظاهرة . فكلود برنار يقول إننا لا نستطيع أن نضع قواعد للاختراع فى العلم ولا أن نعلم القواعد التى يمكن أن تراعى فى إنشاء الفروض بحيث نأتى بفروض جيدة لأن هذه مسألة فردية خالصة ، إنما القواعد التى نستطيع أن نضعها هى تلك المتصلة بما يتلو وضع الفرض . أما قبل وضع الفرض ، فالأمر يتعلق بشيء ذاتى ، بعاطفة تلقائية ، بنوع من الوجدان الذى يحمل الإنسان على تصور فرض ما لتفسير الظواهر المشاهدة .

ومع هذا فيجب أن نلاحظ ثانياً أننا لسنا هنا بإزاء نوع من الإلهام أو من الوجدان الصوفى ، بل يجب أن يسبق هذا الافتراض ما سميناه باسم النظام المحلل أو التحليلى الذى يوجد فى عقل كل عالم والذى يهديه خلال هذه الظواهر إلى توسّم القانون الصحيح الذى يمكن أن تفسر على أساسه . فنحن هنا بإزاء ما يمكن أن يسمى باسم « التوسّم » أى اكتشاف العلة الحقيقية بطريقة لا تسير على أساس البرهان المنطقى أو لا تبدأ من الظواهر مباشرة . وهذا التوسم يتم بمران طويل وبإعداد يتعلق بالنظام التحليلى لكل عالم على حدة ، وهو نظام ينشأ وفق الممارسة الطويلة لعلم معين أو لقدرة هائلة على تخيل القاعدة الصحيحة لظاهرة ما من الظواهر .

وثالثاً يجب أن يلاحظ من ناحية أخرى أن الفرض قد ينشأ فى أحيان كثيرة من مران طويل ، وعمل شاق نقوم به شيئاً فشيئاً بتعديد التجارب ، وتنويعها ، ثم يأتى الفرض فى النهاية كخاتمة لهذه التجارب والملاحظات الكثيرة . فكپلر مثلاً قد وصل إلى قانون الأفلاك الذى يقول بأن الكواكب تدور فى مدار اهليلجى الشكل بعد أن اقترح تسعة عشر فرضاً . وعلينا فى هذه الحالة أن نقوم بنقد دقيق للفروض شيئاً فشيئاً وألا نعتمد على مجرد الإلهام العادى أو الخواطر السانحة بل يجب أن نستمر طويلا فى إجراء التجارب للرؤية دون أن نقيم أى فرض إلا فى اللحظة التى نشعر فيها بأن الظواهر كافية فى هذه المرحلة للايحاء بفرض يمكن أن يكون مقبولا أو مرذولا . وهنا يجب أن نضف ما يسمونه باسم مقاصد الافتراض leitmotivs أى الأحوال الباعثة على افتراض الفروض .

ويجب أن نميز هنا بين الأحوال الباعثة على وضع الفروض أيًّا كانت ، وبين الأحوال الباعثة على وضع فروض جيدة : فالحالة الأولى شخصية ولا يمكن أن نضع لها قواعد وملاحظات تتصل بسيرها ، أما الحالة الثانية فيمكن بسهولة أن نضع لها القواعد . هذه المقاصد أو البواعث أو العوامل المؤدية إلى وضع الفروض الجيدة هى أولا الجَبرِيّة déterminisme العلمية ، ويقصد بها أن يفترض الإنسان دائماً أن الظواهر تخضع لجبرية دقيقة وأن علينا أن نفترض هنا أن الظواهر تتسلسل وفقاً للعقدة العِلّية nexus causale فهنا يحدد الميدان الذى يمكن أن نضع فيه الافتراض فلا نلجأ إلى تلك الفروض الخيالية الزائفة التى كان يلجأ إليها فى العصور الوسطى ، بل كان كپلر أيضاً يلجأ إليها فى افتراض الفروض ، فإنه حين أراد أن يفسر الانتظام فى سير أفلاك الكواكب افترض وجود ملاك حادٍ سماه باسم angelus rector مرتبط بكل فلك ، هو الذى يجعله يسير بطريقة منتظمة .

وثانياً المماثلة . — ومنهج المماثلة analogie من أخطر المناهج المفيدة فى إيجاد الفروض وذلك بأن نفرض أن ثمة تماثلا وتوافقاً بين الظواهر المختلفة فى الممالك الكونية المختلفة أو فى داخل الأنواع المختلفة لجنس واحد ، خصوصاً فى مملكة الأحياء . فنستطيع أن ننتقل من أحوال مشاهدة بالنسبة إلى نوع حيوانى معين إلى ظواهر أخرى مماثلة بالنسبة إلى نوع آخر فنطبق ما يجرى مثلا على الفئران أو الأرانب أو الضفادع — على الإنسان .

وثالثاً الاتصال continuité فنفرض دائماً أن فى الطبيعة اتصالا وأن الطبيعة على حد تعبير ليبنتس لا تقوم بالطفرة ، فمثلا حينما نريد أن نعرف كيفية إحداث ظاهرة من الظواهر الضوئية أو الكهربية فيجب أن نفرض التوصيل من المولد الكهربى إلى الشىء الذى حدثت فيه الظاهرة الكهربية ، كما يشاهد مثلا فى الأعمدة الكهربية .

ورابعاً يمكن أن نعدّ من بين العوامل المؤدية إلى وضع الفروض الصحيحة اعتبار أن الطبيعة فى كل أحوالها تخضع لظروف معينة واحدة وأن هذه الظروف تتكرر فى أحوال عدة مختلفة وإن كان هناك أحياناً نوع من الجدة فى ظروف دون ظروف أخرى ، فبافتراض وجود الاطراد فى نظام الطبيعة نستطيع أن نقوم بكثير من الفروض التى قد تتحقق فيما بعد . فهذه الأفكار العامة من جبرية ومماثلة واتصال واطراد تحدونا إلى وضع فروض صحيحة .

والفروض بعد هذا على نوعين ، فهناك فروض جزئية هى المتعلقة بأحوال معينة لأحداث معينة ؛ وهناك فروض عامة ، وهذه الفروض العامة تنقسم بدورها إلى قسمين : مبادىء ، ونظريات . أما المبادىء فهى الروابط العامة التى تربط بين جملة قوانين ، أما النظريات فهى الصيغ العامة التى تفسر بواسطتها طائفة أو أكثر داخلة فى نظام واحد من الظواهر .

٢ — شروط الفرض :

وعلينا الآن أن نحدد الشروط التى يجب مع ذلك أن نراعيهـا فى وضعنـا للفروض لأن وضع الفروض وإن كان يتم فى أحوال شخصية ولأسباب تتصل بطبيعة العالم الباحث، فإن الفروض الصحيحـة يمكن مع ذلك أن توضع لها قواعـد يجب مراعاتها حتى تكون قائمة على أساس صحيح أو على الأقل قابلة لأن تكون محتملة بواسطة التجارب المحققة . وأول هـذه الشروط أن يتم الفرض ابتداء من واقعة معينة ملاحظة فلا يبدأ من تخيلات ولا من مجرد الربط بين أفكار من أجل تكوين فرض ما . أجل إن الفروض التى لا تبدأ من وقائع مشاهدة فعلا قد تجدى فى أحيان كثيرة ، بل هذا نوع من الفرض يجب النصح دائماً باستخدامه من أجل أن يكون ممارسة للقوة الافتراضية فى الانسان — لـكن ينبغى مع ذلك فى وضعنا للفروض أن نحاول قدر المستطاع أن نبدأ من واقعة معينة .

وثانياً : يجب أن يكون الفرض مما يقبل أن يتحقق فلا نندفع وراء الفروض الخيالية السخية التى قد تدل على عمق الوجدان أو اتساع النظرة ، ولـكنها لا تنفع فى الواقع ، ولهذا فبمجرد وضع فرض يجب أن نحاول تحقيقه بأسرع ما يمكن حتى نتبين ما إذا كان من الممكن تحقيقه أو ليس من الممكن ذلك .

وثالثاً : يجب أن يكون الفرض خالياً من التناقض فلا يبدو مناقضاً لوقائع معروفة . ولـكن هذه الفكرة أحياناً ما تؤدى إلى نوع من التكاسل أو إلى نبذ فروض قد يظهر فيما بعد أنها صحيحة ، فمثلا عدم الاشتراك فى المقدار بين الوتر والضلع فى المربع قد بدا للفيثاغوريين فى البدء كشىء فاضح لما كادوا ينبذونه ؛ وكذلك نجد أغلب الفروض الجريئة التى تثير ثورة فى العلم ، قد بدأت فى أول الأمر وكأنها نوع من الجنون أو الافتراض العقلى الخالص كما هو ظاهر مثلا فى

نظرية التحول التى قال بها لامارك فقد نعتها Geoffroy Saint-Hilaire بأنها مجرد حمق ، وكذلك فرض التطور لداروين قد قوبل بكثير من السخرية ، بوصفه فرضاً وهمياً .

والشرط الثانى — وهو المتعلق بوجوب إمكان تحقيق هذا الفرض تجريبياً — لا يقصد منه أن يتيسر هذا التحقيق التجريبى بطريق مباشر . فإنه إذا لم يتيسر ذلك بالطريق المباشر ، استطعنا أن نلجأ إلى طريق آخر غير مباشر هو أن نستخلص بواسطة الاستدلال أشياء تتوقف على صحتها صحة الفرض ، فإذا ما ثبتت صحتها ثبتت بالتالى صحة الفرض . فكما رأينا مثلا قانون سقوط الأجسام عند جليليو حينما لم يستطيع جليليو أن يبرهن على الفرض الذى افترضه أولاً بطريق مباشر اضطر أن يستنتج قضايا أخرى ضرورية استطاع أن يبرهن عليها ، فيسر له ذلك أن يبرهن على الفرض الأصلى . ومن هذا يظهر أن الاستدلال أى المنهج الاستدلالى يدخل كجزء رئيسى عضوى فى داخل المنهج التجريبى ، كما أنه يدخل فى أحوال أخرى كثيرة سنفصل أمرها فيما يتلو .

أما من ناحية الشرط الثالث وهو الخاص بعدم التناقض فنستطيع أن نضيف إلى ما تقدم بالنسبة اليه أن هذه الفكرة ، فكرة عدم التناقض ، يجب ألا نلجأ اليها من أول الأمر فلا نعتقد أن مجرد التناقض الظاهر بين الفرض الجديد وبين الحقائق الثابتة من قبل أو الملاحظات المزعوم أنها صادقة من قبل ، مدعاة إلى نبذ الفرض واطراحه نهائياً . وفضلا عن هذا ، فقد يجوز أن تكون الأشياء الثابتة من قبل هى الباطلة بينما الفرض الجديد هو الصحيح ، خصوصاً إذا لاحظنا أن الصحة فى العلم مسألة نسبية إلى أقصى حد . فليس فى العلم حقائق ثابتة إطلاقاً ، بل الأمر يتوقف على درجة تطور العلم ، وليس لإنسان بعد هذا أن يقول إن هذا الفرض

لا يمكن أن نبحث فيه لأنه يتنافى مع كذا أو كذا من القضايا العلمية الثابتة بل يجوز لنا بعد هذا أن نمتحن صحة الثبات المزعوم لهذه القضايا : ومن هذا كله قد نصل إلى إثبات الفرض الجديد وتعديل الحقائق الثابتة وفقاً لهذا الإثبات . وعلى كل حال فيجب أن لا نغتر كثيراً بفكرة التناقض فنزعم بأن فى مجرد التناقض إيذاناً بأن الفرض الجديد هو الباطل .

وقد حدث هذا خصوصاً بالنسبة إلى كثير من النظريات الموغلة فى التجديد والمحدثة لثورات جديدة كما يظهر مثلا بالنسبة إلى نظرية النسبية فى هـذا القرن فإنها وإن كانت فرضاً لا يتفق مع ما أتت به نظرية الجاذبية الكلية عند نيوتن فان هذا لم يمنع أو لم يكن من الواجب أن يمنع من البحث فى الفرض الجديد لعله يؤدى إلى نتائج جديدة من شأنها على العكس من ذلك أن تعدل فى نظرية الجاذبية الكلية لنيوتن .

٣ — نقد الفرض :

ويتصل بهذا مباشرة مسألة نقد الفرض ، وهذه المسألة قد قامت خصوصاً كأثر رجعى من آثار احتقار الفروض الذى كان شائعاً فى القرنين ١٧و١٨ ، فإن قول نيوتن hypotheses non fingo أى « لا أفترض الفروض » قد جعل كثيراً من العلماء ينظر بعين الحذر الشديد إلى استخدام الفروض . وكانت نصائح بيكون مؤثرة بدورها فى اطراح كل فرض . ولكن جاء القرن ١٩ فأراد أن يسترد للفروض مكانتها الأولى ولكن مع تحفظات شديدة من شأنها أن تتلافى كل هذه النقائص التى قال بها خصوم الافتراض . وهذه التحفظات أولها أن الأصل أن لكل إنسان أن يفترض ما يشاء وأن الافتراض عامل ضرورى لا غنى عنه لتحصيل العلم وأن قول نيوتن هذا قد فسر على غير وجهه فإن السياق

الذى وضع فيه هذا القول فى كلام نيوتن كان سياق رده على الديكارتيين الذين أخذوا عليه — ولم يكونوا على حق — أنه قد أتى فى قوله بالجاذبية بفرض يكاد أن يتشابه تماماً مع فروض رجال العصور الوسطى المتصلة بالخواص السرية للأشياء مما كانت فروضاً زائفة كلها ، فقال إننى هنا لم آت بفرض وأنا هنا لا أفترض فروضاً بل أسير وفقاً للقواعد . فبتر هذه العبارة من هذا السياق هو الذى ألهم الذين عزوا إلى نيوتن أنه ينكر استخدام الفروض ، هذا القول . والحقيقة أننا لا نستطيع أن ننكر ما للفروض من قيمة وإلا أنكرنا ما للخيال المبدع من قيمة وأنكرنا بالتالى إيجاد عوامل هادية وأفكار حادية للانسان إبان البحث . فللانسان أن يفرض بل له أن يفرض ما يشاء بل له أن يفترض أيضاً وجود عالم خيالى مثل الأطلانطيد التى غاصت فى قاع المحيط ، أو تصور عصور ذهبية كانت فيها الإنسانية على نحو غير النحو الذى هى عليه فى الوقت الحالى . وإنما الخطأ يأتى هنا من أن هذه الفروض أحياناً تكون عقيمة فلا يمكن أن تتحقق كما لا يمكن أن توحى بشىء آخر من شأنه فيما بعد أن يتحقق . فالعامل المحدد لقيمة الفروض أياً كانت ضآلتها هو خصبها ؛ فإذا كانت فروضاً خصبة أنتجت نتائج حقيقية ، وفى هذا يقول بيرس Peirce إن حقيقة أية نظرية إنما تقوم على الآثار والنتائج التى تقدمها . وعلى هذا فقد يكون أو قد كان بالفعل لكثير من الفروض أهمية هائلة فى إيجاد نظرية جديدة ، فمثلاً افتراض أهمية العدد ٧ قد جعل البابليين والفيثاغوريين يقولون بوجود نجم سابع ؛ بحثوا عنه فوجدوه أخيراً وهو نجم المريخ .

إذ يجب أن يلاحظ هنا أنه إذا كانت القضايا الصادقة لا تنتج إلا قضايا صادقة ، فإن القضايا الكاذبة قد تنتج قضايا صادقة ، وعلى هذا فعلينا أن نجرى الفروض أياً كانت ثم نحاول أن نحققها أو أن نستخلص منها نتائج يمكن فيما بعد

أن تطبق عملياً . وإنما الاحتياط الذى يجب أن يستخدم هنا هو الاحتياط المتصل بتحقيق الفروض فى الواقع بواسطة التجريب . ذلك أن تحقيق الفروض شاق طويل يحتاج إلى كثير من النفقات ، خصوصاً الفروض المتعلقة بمسائل حيوية قد تحتاج إلى وقت طويل لكى تتحقق ، مثل الفروض المتصلة بالنمو والوراثة أو التكاثر . كما أن ميزانيات المعامل ضئيلة كل الضآلة ، ولهذا يجب أولا أن نختار من بين الفروض الممكنة أقربها إلى التحقيق تجريبيا وأقلها نفقات ، وكخطوة تمهيدية لتجريب الفروض الواسعة يحسن بنا أن نعتمد على ما يسميه « ماخ » باسم التجريب العقلى فهو يوفر علينا كثيراً من النفقات ومن الوقت ، وقد رأينا فى واقع التاريخ أن هذا التجريب العقلى قد أفاد فى هذه الناحية كثيراً. ومن الأمثلة المشهورة عليه جليليو فى اكتشافه لقانون سقوط الأجسام ولبعض مسائل أخرى فى الفلك .

وإذا كنا لا نذهب إلى ما يذهب إليه رنيانو من أن التجريب العقلى هو الأصل فى كل برهنة ، فمما لا شك فيه أن للتجريب العقلى أثراً هاما فى الاقتصاد فى الفكر ، وفى أن نجرى فى الفكر ما لا يتيسر إجراؤه فى الواقع العملى .

ولهذا يجب إذن ألا نأخذ بأقوال « كونت » وسخريته مما يسميه باسم الفروض الميتافيزيقية ، فهذه كلمة لا معنى لها فى هذا الباب ، كما أنها مثبطة عن إجراء الفروض التى قد يتيسر فيما بعد تحقيقها تجريبياً . وكم من الفروض التى بدت من قبل خيالية قد تحققت بعد ذلك بأزمان !

تحقيق الفرض :

والخطوة التالية بعد فرض الفروض ثم نقدها أعنف نقد هى أن نقوم بعملية تحقيق الفرض . وهذه العملية تشمل التجريب بالمعنى الدقيق كما تشمل الروح العامة

التى يجب أن تسود كل تجربة . فانبدأ بالحديث عن هـذه الروح العامة للمنهج التجريبى إبان تحقيق الفروض فنقول إنه ينقسم قسمين : منهج سلبى أو استبعادى — وفيه نقوم بتحديد نطاق أو مجال الفروض فنفترض ما يمكن افتراضه من أجل تفسير ظاهرة من الظواهر ثم نستبعد ما من الفروض لا يتفق يقيناً مع الحقائق المسلم بها من قبل ، أو القوانين الثابتة ، والقوانين الثـابتة هى القوانين التى لا مجال بعد — على أصح الآراء — للشك فيهـا ، مثل أن سرعة الضوء أكبر من سرعة الصوت ، أن الأجسام تتمدد بالحرارة وهكذا . . . إلى آخر الحقـائق التى كادت أن تكون حقائق أولى . ويتصل بهذا المنهج السلبى ما يسميه كلود برنار باسم منهج برهان الضـد أو شاهد النفى (كما يقول رجال القانون) témoin à charge (contraire) و contre-épreuve وهذا المنهج معناه أن نأتى ببرهان مضاد على الحالة التى أثبتناها إن أمكن ، ففى امتحان العكس نوع من إثبات الأصـل ، ويتصل به أيضاً ما يسمى باسم التجريب على بياض à blanc وذلك بامتحان الأجهزة فى الأحوال العادية أو الأوزان بحسب المعايير النموذجية كامتحان الترمومتر فى درجة حرارة منتظمة ، أو البارومتر فى مستوى سطح البحر ، أو الميزان بوضع ثقلين متساويين نموذجيين فى كلتا الـكفتين .

ثانياً : المنهج الإيجابى — وفيه نحاول أن نثبت صحة الفرض فى كل الأحوال المتغايرة الممكنة بأن ننوع فى الظروف ونطيل فى التجربة ونغير أيضاً فى الأشياء المستعملة لإجراء التجربة . وبهذا التنويع المستمر مع بقاء حدوث الظاهرة أبداً تابعاً لعلة معينة نستطيع أن نثبت صحة الفرض يقيناً وهذا ما يسمى باسم « منهج التضافر فى التغـير » méthode de concordance variée الذى عنى جوبلو خصوصاً بتفصيل القول فيه . والشواهـد على هذا كثيرة فى تاريخ العلم ، فنيوتن مثلا حينما قام بأبحاثه الخاصة بالبندول قد استخدم قضباناً من الفضة والخشب والنحاس وبقية المعادن التى تيسر له استخدامها لـكى يبرهن أن الأمر

لا يتوقف على معدن خاص . وكذلك جاليليو فى بيانه سقوط الأجسام فى تجاربه التى أجراها فى بيزه قد استخدم أجساماً من الحجر والذهب والنحاس والعاج الخ . ويتصل بهذا المنهج أيضاً تضافر نتائج القياس العددية بالنسبة إلى ظاهرة ما ، فمثلا بالنسبة إلى معرفة عدد الجزئيات الموجودة فى حجم معين من الغاز يمكن أن نجرى ذلك فى لزوجة الغاز أو فى الحركة البراونية أو فى شحنة الأيون Ion أو فى النشاط الإشعاعى الراديومى ، أو فى نطاق محدد من انبعاث ضوء مثلا . فنجد من كل هذه الأحوال المختلفة أننا نصل إلى عدد هو واحد تقريباً فنستطيع بهذا أن نحدد مقدار ما فى حجم معين من غازات ثم نحدد بعد هذا حركة هذه الغازات .

فعن طريق هذين المنهجين : السلبى والإيجابى نستطيع إذن أن نحقق الفرض . وهنا وبعد بيان هذه الروح العامة لتحقيق الفرض تبدأ عملية التجريب بالمعنى الدقيق . ونقصد بالتجريب هنا بيان أن الروابط التى يعبر عنها الفرض موجودة فعلا فى التجربة وفى ظواهر معينة من التجربة . ومن المعلوم أننا لا نستطيع أن نشاهد القانون عياناً فى التجربة الخارجية ، لأن القانون تعبير عن رابطة وإضافة ، والروابط أو النسب تقوم بين الأشياء ولا توجد فى الأشياء ، لهذا فإن تحقيق الفرض إنما يتم بالنسبة إلى أحوال جزئية من تجمعها وتضافر القراءات التى تقدمها ، وتوافق النتائج التى ننتهى اليها — نستطيع أن نصل إلى إثبات أن الرابطة صحيحة وبالتالى تثبت صحة الفرض .

أولا : قواعد ولوحات بيكون :

وضع بيكون القواعد الأولى الحقيقيـة لإجراء التجريب وسمى مجموع هذه القواعد باسم قنص پان La Chasse de Pan ، ويقصد من پان هنا — وهو كما نعرف إله الطبيعة والبرارى والنباتات والصيد أو القنص عند اليونان — يقصد

به الطبيعة الكلية أو الكون . فبيكون يريد من وراء هذه القواعد أن يبحث عن الطبيعة بكل ما تحتوى عليه مما يسميه هو باسم الطبائع أى الكيفيات التى توجد عليها الأشياء ، وقنص پان من مميزاته كما فى الميثولوجيا أنه يهيء لنا اقتناص شوارد من الطيور لم نكن نقصد اليها منذ البدء . فقنص پان إذن يدل مجازياً عند بيكون على أن هذا القنص يستطيع أن ييسر لنا اكتشاف أشياء فى الطبيعة لم نكن نفكر قبلا فى اكتشافها ولم نسع قصداً إلى هذا الاكتشاف . ولهذا القنص مرحلتان : المرحلة الأولى هى مرحلة التجريب ، والثانية هى مرحلة ما يسمونه باسم اللوحات أو تسجيل التجربة .

أما المرحلة الأولى فتشمل عدة أنواع أو درجات أولاها تنويع التجربة ، وقد قدم بيكون لهذا مثلا أولا صنع الورق . فنحن نعرف أو كان هو يعرف أن الورق يمكن أن يصنع من قصاصات الثياب ، فنستطيع أن نفترض بعد هذا هل يمكن أن يستخرج من مواد أخرى مثل لب الخشب . . . الخ . فهذه هى الحالة الأولى لتنويع التجربة وذلك بأن ننوع فى المواد التى تنتج عنها ظاهرة ما . والحالة الثانية أهى أن نتصور مصادر أخرى لإحداث ظاهرة من الظواهر ، فنحن نعرف مثلا ن المرايا المحرقة ardents تستطيع أن تركز أشعة الشمس فنفترض بالمثل هل من الممكن أن تركز أيضاً أشعة القمر . فبهذا التنويع المستمر لمواد التجربة أو للأحوال التى نجرى فيها تجربة نستطيع أن نكشف خواص جديدة لطبائع الأشياء .

ثانياً : إطالة التجربة . وذلك بأن نستمر فى جعل المؤثر ينتج أثره فى الشىء المتأثر حتى نعلم هل من شأن هذا أن يغير فى طبيعة المتأثر أو أن ينتج ظواهر جديدة . فنحن لو عرضنا سائلا لدرجة حرارة خفيفة نوعاً ، حدث عن هذا تقطير . وإذا استمررنا فى هذا طويلا حدث عنه تصعيد ، فمن هذه الإطالة

تأثر المتأثر بالمؤثر قد وصلنا إلى ظواهر جديدة غير التى عرفناها من قبل وكذلك الحال فى أنواع الاختمار أو تمدد الأجسام فقد نصل عن طريق التمدد إذا ما ارتفعنا بدرجة الحرارة إلى حد كاف نقول أن نصل إلى درجة الانصهار ، وقد نصل بالنسبة إلى بعض الأجسام بقدر من الحرارة كافٍ أن نبلغ مرتبة التصعيد.

ثالثا : نقلة التجربة : فإننا إذا جمعنا المواد والتعليمات والإرشادات الخاصة بصناعة من الصناعات وحاولنا بعد هذا أن ننتقل من هذه المجموعة إلى صناعة أخرى ، فإننا نستطيع أحياناً أن نفيد الصناعة الجديدة من تلك المجموعة من الإرشادات المستخدمة فى السابقة . فنقلة التجربة معناها إذن أن نحاول أن نطبق على تجربة جديدة أو فرع آخر غير الفرع المطبق فيه مجموع من الإرشادات ما طبق على فرع معلوم من قبل ، لعل هذا يفيد أحياناً فى الصناعة الجديدة أو فى تحقيق التجريب بالنسبة إلى الظواهر الأخرى .

رابعاً : قلب التجربة : وذلك بأن نحاول أن نتبين أثر العلة فى الشىء المتأثر فى وضع مقلوب ، فنحن إذا أخذنا مثلا قضيباً من الحديد وسخناه ، وجدنا أن الحرارة تنتقل من أعلى إلى أسفل ، أكثر مما تنتقل من أسفل إلى أعلى ؛ — أو بتغيير الأوضاع التى تحدث فيها ظاهرة ، بأن نعدل من وضع المؤثر والأثر بعضهما بالنسبة إلى بعض ، لعل أن يكون فى هذا نوع من التحسين فى التجربة .

تلك هى المرتبة المتعلقة بالخطوة الأولى . ونحن لو نظرنا فيها لوجدناها فى الواقع إرشادات نافعة وإيحاءات خاصة لتحقيق التجربة على أوفى نحو . وهى ليست من نوع القوانين أو اللوائح التى يفرض اتباعها فرضاً أو تصور على أنها قوانين ملزمة أو قواعد ضروية كما سيزعم مِلْ من بعد فيما يتصل بلوائحه .

أما المرتبة الثانية فهى اللوحات وهى لوحات الحضور والغياب وتفاوت الدرجات . أما لوحة الحضور فيقصد منها تسجيل الأحوال العديدة الممكن

مشاهدتها أو التحقق منها بالنسبة إلى ظاهرة من الظواهر ، وقد ذكر بيكون لهذا مثلا مصادر الحرارة ، فسرد ٢٧ حالة فيها تحدث الحرارة ، بعضها غريب كل الغرابة مثل ما يحدث في الشتاء حينما يأتي الانسان فيلمس جسما بارداً كل البرودة فانه يشعر بما يشبه الاحتراق . ومن الأمثلة التي أوردها أيضاً الاحتكاك ، الصواعق ، الاختمار ، حرارة الكائنات الحية ، الصاعقة ، أشعة الشمس الخ . فعلى الانسان في لوحة الحضور أن يسجل إذن كل الأحوال الممكنة لحدوث ظاهرة من الظواهر ، والانسان في هذه الحالة كالقائد الذي يفتش فرقة تحت قيادته ليعرف من الحاضرون ومن الغائبون . والمهم في هذا أن يسجل كل هذه الأشياء لأن المهم في هذه المرتبة الثانية من مراتب قنص پان هو التسجيل لا الاعتماد على مجرد المشابهة أو المعلومات المشوهة أو الناقصة ، وعلى هذا فإن مرحلة تسجيل الحضور من المراحل الضرورية جداً ، خصوصا وأنها تحملنا فيما بعد على الوفاء بشروط التجربة في كل أحوالها ، أو تنويع المصادر قدر الإمكان أو الاستغناء بمصدر عن مصدر آخر حينما يفتقد .

ثانياً : لوحة الغياب ، وليس هذا في الواقع تعبيراً دقيقاً ، إنما التعبير الدقيق أن يقال لوحة الانحراف والغياب . ولا يقصد هنا بالغياب أن يضع الإنسان إحصائية شاملة بالأحوال التي لا تحدث فيها الظاهرة ، فهذا فضلاً عن أنه مستحيل هو قطعاً نوع من العبث ، فمن الذي يستطيع أن يحدد كل الأحوال التي لا تحدث فيها ظاهرة ما ؟ ! وإنما المقصود بعملية الغياب هذه أن نأتي في مقابل كل حالة من حالات الحضور بالحالة التي لا تحدث فيها الظاهرة بالنسبة إلى هذه الحالة عينها ، سواء أكانت حالة الغياب واحدة أو أكثر من واحدة . وعلى كل حالٍ فإن أحوال الغياب بالنسبة إلى كل حالة من حالات الحضور محدودة . وإذا أخذنا المثال السابق الخاص بالحرارة وليكن مثلا الحرارة الناشئة عن أشعة الشمس

ننظر فى الحالة التى لا تتم فيها الحرارة بغياب العنصر الأصلى المولد لها فى هذه الحالة وهو الشمس ، وحالة الغياب هنا هى حالة الكسوف أو حالة الليل . وبالنسبة إلى حالة الحرارة فى الكائنات الحية ، ننظر فى حالة الكائنات الميتة . وهكذا نجد باستمرار أن أحوال الغياب ستكون بهذه الطريقة محددة ولو نسبياً فنستطيع أن نقوم بتسجيل هذه اللوحة .

واللوحة الثالثة والأخيرة هى لوحة تفاوت الدرجات . فلا نقتصر على بيان الأحوال التى تحدث فيها ظاهرة ما والأحوال المقابلة لها مما تغيب فيه هذه الظاهرة بغياب مصدرها ، بل نقوم أيضاً بتسجيل الدرجات المتفاوتة للظاهرة المدروسة ، فمثلا بالنسبة إلى الكهرباء نتبين مقدار الكهرباء التى تحدث بواسطة عمود كهربائى والتى تحدث بواسطة مجرد حك ساق من الكهرمان أو بواسطة مولد كهربى — إلى آخر هذه المصادر المختلفة لتوليد الكهرباء ، فنسجل التفاوت فى درجات إحداث الظاهرة درجة درجة حتى يكون لدينا سجل شامل بالأحوال المختلفة لظاهرة من الظواهر . وبهذا يكمل تسجيل الظاهرة وتكون اللوحات وافية بالغرض المقصود منها ، وهو جمع كل ما يتعلق بظاهرة من المعلومات ، لتكوين مجاميع معينة فى كل علم من العلوم ، فيتيسر لنا عن هذا الطريق اكتشاف مجموعات من العلوم ما كانت لتكتشف من قبل من مجرد تسجيل الظواهر ودراساتها دراسة منفصلة معزولة .

غير أن الملاحظ على منهج بيكون هذا أنه منهج ليس بالدقيق وإننا لا نستطيع أن نقول عنه إلا أنه مجرد نصائح وإرشادات تقدم للمجرب أثناء التجربة أو مجرد إيماءات نافعة تعينه أثناء البحث ، لهذا جاء مِلْ من بعد ، وتبعاً لأبحاث هرشل Herschel ، فأراد أن يكون بالنسبة إلى الإستقراء ما كونه أرسطو بالنسبة للقياس ، حين وضع للقياس أضربا وأشكالا .

فقد أراد مل هو الآخر أن يضع القواعد أو اللوائح canons الضرورية كخطوات لابد منها فى المنهج التجريبى لكى يؤدى إلى القصد منه وهو اكتشاف القوانين ببيان أو بإثبات روابط عِلّية بين الظواهر بعضها وبعض. والفارق واضح بين ما يقصده مل وما يقصده بيكون، فبيكون أولا لم يقصد إلى إكتشاف قوانين ثابتة ضرورية كما يدعى مل، وإنما هو قد رمى من وراء هذه الإرشادات إلى اكتشاف الطبائع أى خواص الأشياء لا الروابط الموجودة بينها بعضها وبعض. وثانياً لم يحسب بيكون نصائحه نوعا من البرهنة، بينما عد مل لوائحه شروطاً أساسية لتكوين البرهان الاستقرائى، ومن هنا انتُقِد مل إنتقاداً شديداً فى لوائحه لأنها من الضيق والتحديد بحيث لا تسمح مطلقاً بالإفتراق عنها. وعلى العكس من ذلك نجد أن نصائح بيكون كانت واسعة لا تظهر بمظهر الإلزام فكان من اليسير إذن أن يؤخذ بها أو أن يعدل منها وفقاً للحاجات. هذه اللوائح التى وضعها مِل Mill تنحصر فى المناهج الخمسة التالية: (١) منهج الإتفاق. (٢) منهج الإفتراق. (٣) المنهج المزدوج للافتراق والاتفاق. (٤) منهج البواقى. (٥) منهج التغيرات المساوقة variations concomitantes

والبعض من هذه المناهج قد قال به هرشل من قبل ولكن مع اختلاف واضح يظهر خصوصاً فى أن مل قد عد هذه اللوائح قواعد ضرورية كقواعد الاستقراء بالنسبة إلى الاستدلال، بينما هرشل قد عدّها مجرد فروض وإيماءات وإرشادات لجعل التجربة أكمل مايمكن أن تكونه. كما أنها تختلف اختلافاً واضحاً عمايقصده مِل Mill فهرشل يقصد مثلا من منهج البواقى غير مايقصده مل، إذ يحسب هرشل أن هذا المنهج هو كمنهج الاستنفاد فى الرياضيات مثلا. وعلى كل

حال فعلينا الآن أن نتحدث عن كل لائحة من هذه اللوائح الخمس (أو الأربع) بالتفصيل مع نقد كل منها على حدة فنقول :

١ — منهج الاتفاق : يقول هذا المنهج إن علينا أن ننظر فى مجموعة الأحوال المولدة لظاهرة ما . فإذا وجدنا أن ثمة عاملا واحداً يظل باستمرار موجوداً على الرغم من تغير بقية السوابق أو المقدمات فمن الواجب أن نعد هذا الشيء الثابت الواحد هو علة لإحداث الظاهرة . ويضرب لهذا مثلا ظاهرة الندى فإن هذه الظاهرة تحدث أولا حينما ينفخ الإنسان بفيه على جسم مبترد مثل لوح من الزجاج فى يوم بارد ، أو لوح معدنى بارد كذلك ، ثم نجد هذه الظاهرة أيضاً على السطوح الخارجية لزجاجات تستخرج من بئر ، كما نجدها أيضاً حينما نأتى بإناء فيه ماء بارد ونضعه فى مكان دافيء — فنجد دائماً فى كل هذه الأحوال أنه على الرغم من اختلاف المواد التى تتركب منها الظاهرة من نفخ على جسم بارد أو سطح قنينة بها ماء مستخرج من بئر أو سطح زجاجة مملوءة ثلجاً أدخلت فى مكان آخر ، فإن ثمة عاملا واحداً موجوداً باستمرار هو اختلاف درجة الحرارة بين الجسم وبين الوسط الخارجى أو الشيء المماس ، فالنفس الخارج من الفم أعلى درجة فى الحرارة من الزجاج البارد ، وسطح القنينة المعرض للهواء أدفأ من الماء الذى فى داخلها ، وكذلك الحال بالنسبة إلى الزجاجة . ومن هذا يتبين إذن أن العلة فى إحداث ظاهرة الندى هو هذا الاختلاف فى درجة الحرارة بين جسم ووسط مماس .

وعلى هذا يمكن وضع لائحة هذا المنهج هكذا : إذا كانت لدينا أحوال مختلفة فيها عنصر واحد ثابت باستمرار ، فإن هنا العنصر هو العلة فى إحداث الظاهرة المتفقة بين كل هذه الأحوال المختلفة . ويمكن أن يعبر عن هذا رمزياً بأن يقال : إذا كانت لدينا الأحوال ا ب ج ، ا د هـ ، ا و ز ، ا ح ط . . . إلخ

فإن ا هى العلة فى هذه الظاهرة التى أحوالها مختلفة (وهى ا ب حـ ... إلخ) لأن ا هى العنصر الواحد الثابت إبان كل هذه الأحوال المتغيرة .

وهذا المنهج ، منهج الاتفاق ، كثير الاستخدام فى العلوم . وأكثر التجارب التى نقوم بها فى الحياة العادية نعتمد فيها خصوصاً على هذا المنهج فمن مجرد مشاهدتنا لأنواع مختلفة من الظواهر يوجد فيها عنصر واحد مشترك باستمرار نستطيع أن نتبين أن العلة لابد أن تكون هى هذا الشىء الثابت إبان كل هذا التغير. ولكن يجب أن يلاحظ مع ذلك أن هذا المنهج له عيوب شديدة أولها أن يشترط أن يوجد عامل واحد هو الثابت باستمرار إبان كل هذه الأحوال المتغيرة وهذا الشرط يعسر الوفاء به دائماً ، لأن العوامل متشابكة ولايمكن أن نكتشف عنصراً واحداً موجوداً باستمرار فى المجاميع المتغيرة من الأحوال المشاهدة بل كثيراً ما نرى هذا العنصر مختلطاً بغيره ، وقد يتضافر هو وعنصر آخر فى جميع الأحوال دون أن يكون هذا العنصر علّة حقيقة وإنما يوجد بالعرض دائماً ، لأنه لا سبيل إلى الفصل فى الواقع الطبيعى بين هذين العنصرين . وعيب آخر أنه قد يحدث أحياناً عن هذا أغلوطة من نوع الأغلوطة المعروفة باسم أخذ ما ليس بعلة علة ، على الصورة « بعقبه إذن بسببه » post hoc, ergo propter hoc فتعتقد من مجرد التوالى أن ثمة صلة علية مع أن الأمر كاد أن يكون على سبيل المصادفة . ولهذا نصح كلود برنارد بعدم الاعتماد على هـذا المذهب لأنه كثيراً ما يحيد بنا عن السبيل الحقيقى لاكتشاف العلم ، وعلينا بعد هذا أن نأتى بمنهج آخر يعدل من دواعى الضلال هذه .

ويمكن تلافى هذه الأغاليط بعض التلافى بتنويع التجارب قدر المستطاع ، وجعل الظاهرات المشاهدة تخضع لظروف متباينة بحيث يتبين لنا على وجه أشبه باليقين أنه لا يمكن أن تتواطأ كل هذه المشاهدات من أجل إحداث هذه

الظاهرة المعينة دون أن تكون ثمة صلة عِلّية بين المقدمات وبين الظاهرة الناتجة.

ومن هنا نجد أن كبار العلماء حينما أرادوا أن يتأكدوا من صحة ما افترضوه من صلة العِلّية بين مقدمات ونتيجة ، حاولوا أن ينوعوا التجارب — كما نصح بذلك بيكون من قبل — قدر المستطاع فيستخدموا مواد مختلفة حتى لا يكون لهذه الأمور العرضية دخل فى إحداث الظاهرة ، فجليليو فى بحثه لقانون سقوط الأجسام قد استخدم أجساماً من الحديد والنحاس والعاج .. الخ ، ونيوتن فى تجاربه على البندول قد استخدم أنواعاً مختلفة من البندولات من الفضة والنحاس والمعدن ، وكل هذا من أجل أن لا تكون الظاهرة قد حدثت لأسباب عرضية أخرى تتعلق بالمادة . — وعلى كل حال فإن منهج الاتفاق لا يمكن مطلقاً أن يُعدّ منهجاً حاسماً ، إلى درجة أنه قد يحدث فى كثير من الأحيان أن تتواطأ جملة من المشاهدات على إثبات رابطة عِلّية ، دون أن تكون ثمة رابطة عِلّية حقيقية ، بينما نجد فى بعض الأحيان أن مشاهدة واحدة تكفى لبيان صلة العلّية بين سلسلتين من الأحداث . ولهذا يقول جوبلو عن هذا المنهج إنه لا يمكن إلا أن يكون لوناً من ألوان إضافة مؤيدات للظواهر التى أوحت إلينا بالفرض ، ولا يمكن أن تكفى بنفسها ، وذلك للأسباب التالية : أولا : لا نستطيع نظراً إلى تشابك العلل فى الطبيعة أن نعزل فى الواقع علة واحدة تكون هى العلة المحددة بالفعل ، فما نشدناه من عزل العلة المعينة لم يتحقق إذن بواسطة منهج الاتفاق . ثانياً : يلاحظ أن العامل المشترك قد لا يمكن مشاهدته بطريقة شاملة فى الطبيعة ، فلا نستطيع أن نعرف حينئذ ما هى العلل الحقيقية التى أثرت فى إيجاد الظاهرة . ثالثاً : نجد فى الواقع أن هذه الظواهر أو بالأحرى المشاهدات المتفقة فيما بينها ليست إلا أنواعاً جديدة من المشاهدات تضاف إلى تلك التى أوحت بالفرض ولن تكون لها قيمة حاسمة إذن من ناحية البرهان اللهم إلا إذا آتينا حينئذ بما

يسميه جوبلو باسم منهج الاتفاق المتنوع الذى يحملنا على النظر فى أنواع مختلفة تنتسب إلى الظاهرة المعينة ، حتى يكون من هذا التنوع شاهد حقيق على أن الاتفاق لم يكن عرضاً أو من سبيل الاطّراد دون العلّية ، فعلينا إذن إلا نثق كثيراً بهذا المنهج فلا نتخذ من مجرد الاتفاق دليلا على وجود صلة العلية .

٢ — منهج الافتراق :

فإذا أردنا أن نتحقق من صحة نتائج المنهج السابق ، لابد أن نأتى بمنهج مضاد فى الصورة لكنه مؤيد فى النتيجة . فنجرى ما يسمى باسم البرهان العكسى contre-épreuve الذى أشاد به كلود برنارد وحسبه التجربة الحقيقية الحاسمة التى دعا إلى إيجادها بيكون . هذا المنهج يقول إذا اتفقت مجموعتان من الأحداث من كل الوجوه إلا وجهاً واحداً فتغيرت النتيجة من مجرد اختلاف هذا الوجه الواحد فان ثمة صلة علية بين هذا الوجه وبين الظاهرة الناتجة . فإذا كانت لدينا مجموعة ك ل م ن ، تنتج ظاهرة ما ، ومجموعة أخرى ك ل م هـ ونتج عن ذلك اختلاف فى النتيجة فى حالة عن الأخرى ، فإنه يوجد بين ن ، هـ صلة العلية .
ونستطيع أن نتخذ لهذا مثالا تلك التجربة التى قام بها پاستير لإثبات وجود جراثيم هى الأصل فى الكون ، فى الأجسام المختمرة ، أى فى وجود الاختمار ، فقد أخذ پاستير قنينتين وضعهما فى برميل واحد فى درجة حرارة واحدة وفى القنينتين سائل واحد ، وقد أغلق فوهة إحدى القنينتين إغلاقاً محكماً بينما ترك الأخرى مفتوحة ، فتبين له بعد قليل أن السائل فى القنينة المفتوحة الفوهة قد تغير وحدث فيه اختمار ، بينما السائل فى القنينة المحكمة الإغلاق لم يتأثر مطلقاً ، فاستنتج من هذا أنه لابد أن يكون لكون فوهة القنينة فى الحالة الثانية مفتوحة قد حدث الاختمار ، وبالتالى سيكون الهواء هو العلة فى إحداث الاختمار ، وذلك

لأنه يحتوى على جراثيم دخلت السائل فأحدثت ظاهرة الاختمار فيه .

وهذا المنهج كثير الاستعمال ومن أخصب المناهج ولكنه مع ذلك محدود الاستعمال بمعنى أن نطاق تطبيقه ضئيل ، إذ هو يفترض مقدماً خصوصاً التجريب وذلك بأن نكون عالمين بالنسبة الموجودة بين طائفة وطائفة ، ونفترض أو نجرى تجريباً إسقاط أحد العوامل فينتج عنه سقوط الظاهرة المطلوب دراستها. ويستخدم خصوصاً فى علم وظائف الأعضاء حينما نريد أن نحدد وظيفة عضو من الأعضاء فنجرى حينئذ عملية البتر لهذا العضو لكى نتبين ماسينتج عن هذا البتر من نتائج — وهذه النتائج هى التى تحدد وظائف هذا العضو . فلو بترنا مثلا العصب البصرى لتبين لنا تماماً كيف تتم بالفعل عملية الإبصار ، ولو بترنا مثلا مركز اللغة (بروكا) لتبين لنا كيف تتم وظيفة الكلام . غير أننا قد نخدع فى بعض الأحيان عن فعل الطبيعة وذلك أن كثيراً ما نجد أنه ببتر مركز تحدث لأعضاء أخرى تكييف من شأنه أن يجعل بعض الأعضاء تقوم بوظيفة العضو المبتور كما يحدث هذا بالنسبة إلى مركز بروكا نفسه ، فإن المشاهد هو أن الجزء الثانى من المخ يقوم بهذه الوظيفة .

ولكن هذه العملية عملية التجريب المتصل بالقضاء على عامل لبيان آثاره لا يمكن تطبيقها فى بعض الظواهر التى تند عن قدرتنا الإنسانية ، فمثلا لا نستطيع أن نلغى تأثير الجاذبية التى للأرض . كما لا نستطيع أن نغير فى الظواهر الجوية العامة مثل المد والجزر والخسوف والكسوف . ولهذا كان تطبيق هذا المنهج محدود النطاق . غير أن فائدته جلية كما قال كلود برنارد ، إذ هو يكون نوعاً من البرهان العكس الذى نعدل به قدر المستطاع من أخطاء المنهج السالف ، منهج الاتفاق. غير أن نتيجته مع ذلك ليست حاسمة ، وذلك لتشابك الظواهر الطبيعية

إلى درجة تجعل من غير المستطاع عزل عامل فضلا عن أنه قد تحدث ظاهرة عن علل مختلفة لها نفس القيمة فى إيجادها فنزعم حينئذ لأننا نجهل بقية العلل أن الظاهرة قد حدثت بسبب إلغاء العوامل العليـــة المعروفة مع أن الظاهرة قد حدثت لأسباب أخرى غير الأسباب التى نعرفها فتجربة باستور السابقة قد شكك فيها على أنه قد يكون التولد الذاتى التلقائى génération spontanée هو العلة فى إحداث ظاهرة الاختمار ، ولـكن كان لابد من وجود تيار هواء لإحياء الـكائنات المتولدة .

فجاء باستير وأقام تجربة أخرى بأن أغلق الفوهة بقطن مندوف ouate معقم بالحرارة فتبين له حينئذ أن ظاهرة الاختمار قد حدثت فى المفتوحة الفوهة بينما المغلقتها لم تحدث فيها ، فتأيدت التجربة مرة أخرى وإن كان قد شكك فيهـا بعد ذلك فاضطر باستير إلى إجراء تجارب أخرى مؤيدة . ومن هنا يتبين إذن أن منهج الافتران ليس يقينياً وإن كان حاسما بدرجة أكبر مما كانت الحال عليه بالنسبة إلى المنهج السابق . ويجب أن نلاحظ أخيراً أن هذا المنهج يمكن إجراؤه ليس فقط بين تجربتين بل وأيضاً ، بين سلسلتين من التجارب ولـكن هذا يؤدى فى الواقع إلى ما يقرب من المنهج الثالث والذى سنتحدث عنه الآن .

٣ — **منهج التغيرات المساوقة** M. de variations concomitantes :

يمكن أن يسمى هذا المنهج بطريقة أدق باسم التغيرات المساوقة المتضايفة ، أو التغيرات المساوقة النسبية (corrélatives, proportionnelles) إذ يقول هذا المنهج إننا لو أتينا بسلسلتين من الظواهر فيها مقدمات ونتائج ، وكان التغير فى المقدمات فى كلتا السلسلتين ينتج تغيراً فى النتائج فى كلتا السلسلتين كذلك ، وبنسبة معينة فلابد أن تكون ثمة صلة علية بين المقدمات وبين النتائج . ولبيان هذا نعود إلى

باستير مرة أخرى فنستشهد بتجربتـه التي تقول إنه أتى بعشرين زجاجة مملوءة بسائل في درجة الغليان ، فوجد أولا في الريف أن ثماني زجاجات فقط هي التي تغيرت حينما فتحت ؛ وفي المرتفعات الدنيا للجورا تبين له ثانياً أن خمساً فقط هي التي تغيرت : ولما ارتفع إلى أعلى قمة الجبال حيث الثلوج التامة لم يجد غير واحدة ، وحينما أتى بهذه القنينات العشرين في غرفة مقفلة أثير غبارها تبين أنها جميعاً قد تغيرت — فتبين له من هذا أنه بتجرد تغير الجواء قد حدث تغير في النتائج أي في قابلية اختمار السوائل الموجودة بالقنينات العشرين . فثمة نسبة علية إذن بين المقدمات وبين النتائج ، نسبة تتغير بطريقة معينة وفقاً لتغير الأحوال التي تجرى بين طرفيها الظاهرة المشاهدة .

فمن هذا يتبين إذن أنه لو كانت لدينا سلسلتان من الظواهر المتوازية بحيث تكون السلسلة الأولى منها مكونة للمقدمات ، والثانية للنتائج ، ووجدنا أن ثمة تغيراً في النتائج بحسب التغير في المقدمات ، فلابد أن توجد صلة علية بين السلسلتين . فإذا كانت ك ل م ن تسبق أو تصحب ظاهرة ما «هـ» ، ووجدنا أن كَ ل م ن تسبق أو تصحب هَ ، وكً ل م ن تسبق أو تصحب هً ، فإن ثمة صلة علية بين ك ، هـ .

وميزة هذا المنهج أنه يمكن تطبيقه في مجال أوسع من المنهج السالف فقد رأينا أن منهج الافتراق قد لا يمكن تطبيقه في بعض الأحوال التي لا سيطرة فيها للتجربة الإنسانية على تغيير ما بها من عوامل . ولكن المنهج الجديد ، منهج التغيرات المساوقة ، تيسر إجراؤه حتى في هذه الظواهر . ومن الأمثلة على هذا ظاهرة المد والجزر ، فهذه الظاهرة لا يكن بواسطة منهج الأفتراق أن نعدل فيها لأنها تجرى بين أجسام في الطبيعة لاسيطرة للانسان عليها ، ونحن نعرف أن هذه الظاهرة تحدث عن الجاذبية التي تأتي من جانب القمر صوب الأرض ، فنستطيع أن نتبين صحة هذا الفرض من مشاهدة أن التغيرات في مقدار المد والجزر تتناسب

تناسباً طردياً مع قرب القمر من الأرض، فكلما كان أقرب، كانت هذه الظاهرة أشد ظهوراً والعكس بالعكس، مما يدل على أن هناك صلة علية بين القمر وبين المد والجزر. وميزة أخرى لعلها أن تعدّ اليوم الميزة الرئيسية الكبرى لهذا المنهج هى أنه فى الواقع المنهج الكمى الوحيد بين المناهج الأربعة، فبقية المناهج مناهج كيفية تتعلق بثبوت الظاهرة دون أن تحدد بالدقة كميتها ولا كيفية تغيرها وفقاً لنسبة كمية. ولكن هذا المنهج يخول لنا أن نحدد بطريقة كمية حسابية عددية النسبة الموجودة بين علة ظاهرة ونتيجتها، فمثلا بين جاذبية الأرض والأجسام، أو بين الزمن وسرعة سقوط الجسم، فنعرف أنه: كلما طال الزمن من نقطة بدء سقوط الجسم، ازدادت سرعة الجسم فى السقوط. وهكذا نستطيع أن نحدد بطريقة كمية النسبَ الموجودة بين شروط ظاهرة ونتائجها.

أساس الاستقراء :

مسألة أساس الاستقراء تدرس عادة على أنها تتألف من مسألتين: الأولى مسألة المبدأ أو المبادىء التى تقوم عليها فكرة المنهج التجريبى نفسه، وثانيا: مسألة الضمان الذى يضمن لنا الانتقال من الحالات الجزئية المشاهدة إلى وضع القانون العام. وكثيراً ما اختلطت المسألتان بعضهما ببعض خصوصاً فى الرسالة الممتازة التى قدمها لاشلييه بعنوان «أساس الاستقراء» وأثارت كثيراً من الجدل فى أواخر القرن ١٩ وأوائل هذا القرن، لأنها وضعت هذه المشكلة، مشكلة أساس الاستقراء، لأول مرة فى صيغة واضحة جعلتها من المسائل الرئيسية للمنهج التجريبى.

أما المسألة الأولى فيجب أن نميزها تمام التمييز من المسألة الثانية على الرغم من كل هذا الخلط، لأنهما وإن ارتبطا فيما بينهما ارتباطا وثيقا فإن الأساس فيهما ليس بواحد، كما أن النظرة التى نقول بها بالنسبة إلى الواحدة، لا تعين بالضرورة

تلك التى ننظر بها إلى الأخرى . فالمسألة الأولى هى مسألة المصادرة أو المبدأ الرئيسى الذى يقوم عليه كل استقراء وبالتالى كل بحث علمى . فنحن نعرف فيما يتصل بالمنهج الاستدلالى والفكر المنطقى بوجه عام أنه يقوم على مصادرة رئيسية أو بالأحرى مبدأ ضرورى هو مبدأ الذاتية . وكذلك الحال نجد أن المنهج الاستقرائى أو التجريبى يقوم هو الآخر على مبدأ عام أو مصادرة هى مبدأ العلية .

وهنا يلاحظ أن كلمة العلية كانت تفهم بمعان عدة تكاد أن ترجع فيما قبل نهاية القرن الماضى إلى معنى واحد هو وجود قوة تحدث أثراً ما يسمى المعلول . وتبعاً لهذا كان يقال بتكافؤ العلة مع المعلول ، وأن العلة تحدث المعلول ... إلى آخر هذه العبارات التى تؤذن بأن ثمة قوة تنتج عنها نتيجة معينة ، وهذه القوة تسبق بالضرورة الناتج عنها أو المعلول . — ولكن إذا نظرنا فى القوانين التى تتصل ببيان العلة (أو العلية) لوجدنا أنها لا تتعلق فقط بالصلة بين سابق وتال ، وإنما تتعلق بالأحرى — كما بين ذلك الأستاذ لالاند — فى كتابه « نظريات الاستقراء والتجريب » (ص ١٨٧) — نقول إن القوانين تتعلق :

١ — بالطبائع بالمعنى الذى يفهم به بيكون هذا اللفظ مثل تركيب الجزىء molécule أو تركيب الذرة أو تركيب أى عنصر كيماوى ؛

٢ — بالإضافات الثابتة الموجودة بين صفين أو سلسلتين من الظواهر المعيَّنة بالنسبة بعضها إلى بعض تبعاً للدالة ص = د (س) كما يظهر هذا فى الجاذبية والانكسار والنسبة بين الشدة والمقاومة فى التيار الكهربائى ؛

٣ — بمقادير عددية ثابتة مثل سرعة الضوء ، طول الموجة ... الخ ؛

٤ — باطرادات هى عبارة عن ظواهر مساوقة لأخرى دون أن نتبين بالدقة

صلة علية — بمعنى قوة تؤثر فى شىء — بين سلسلتى هذه الظواهر كما نجد هذا مثلاً فى كون الاجترار يستتبعه كون الظلف مشقوقا ... الخ ؛

٥ — بأحداث دورية ينظر فيها إلى أوجه ثابتة فى تطوّرها بالنسبة إلى مجاميع متشابهة كما يظهر مثلاً فى ظاهرة التبلر ، أو ردود الفعل الكيماوية أو ظواهر الهدم والبناء بالنسبة إلى الخلايا ، أو قوانين التولد والنمو والذبول والفناء بالنسبة إلى الكائنات الحية ... الخ ؛

٦ — بعلاقات الاتجاه vection كما فى القانون الثانى من قوانين علم القوى الحرارية المعروف بقانون كارنو أو قانون نقصان الطاقة ... الخ . فهذه الظواهر تقوم على أساس وجود اتجاه تتجه الظواهر وفقاً له فى مدى تطورها . وهذا يظهر خصوصاً فى نظرية التطور سواء منها المتعلقة بالكائنات الحية أو المتعلقة بالقشرة الأرضية : فهنا نجد دائماً اتجاهاً تسير وفقاً له الأحداث .

فالقوانين إذن تتخذ هذه الصور الست . وعلى هذا فلا يمكن أن نفهم العلية بمعنى أن ظاهرة ما لا بد أن تسبق ظاهرة أخرى أو أن ثمة قوة تنتج أثراً — فهذا وصف غير دقيق الفكرة العلية . وفكرة العلية كما نظر إليها أصحاب المدرسة الاسكتلندية وعبر عنها بكل وضوح Roger Collard تقوم على أساس مبدأين : أن القوانين ثابتة ، هذا هو المبدأ الأول ؛ وأن القوانين عامة ، وهذا هو المبدأ الثانى . أما من حيث المبدأ الأول فالمقصود منه أننا لسنا فى حاجة إلى دراسة الظواهر فى كل لحظات الزمان بل يكفى أن نلاحظ ظاهرة ما فى زمن ما ، لكى نحكم بأن القوانين التى تحكمها ستكون دائما على هذا النحو على مدى الزمان . وليس للزمان من أجل هذا دخل فى تغيير القوانين التى تخضع لها الظواهر ، وبهذا تستبعد فكرة الزمان ، فالزمان الخالق الذى تحدث عنه برجسون لن يكون

له أى أثر هنا . أما المبدأ الثانى فمعناه أن القانون قضية كلية بالمعنى المنطقى لكلمة قضية كلية ، ومعنى هذا أننا لسنا فى حاجة إلى دراسة كل الظواهر فى المكان بل يكفى أن نقوم بالتجربة على مجموعة من الظواهر فى هذا المكان لكى نعم الحكم فنجعله صالحاً فى أى مكان آخر. فوفقاً لهذين المبدأين : مبدأ الثبات ومبدأ العموم تقوم فكرة العلية عند هؤلاء .

واستمر هذا الرأى يشغل أذهان المناطقة إلى درجة كبيرة حتى أتى لا شلييه فى أواخر القرن الماضى فى رسالته المشهورة « أساس الاستقراء » فبحث المسألة بحثاً أوفى وأتم وانتهى من هذا البحث إلى بيان أن العلية أو الجبرية إنما تقوم على أساس مبدأين : مبدأ الفاعلية ، ومبدأ الغائية . وقد ابتدأ لاشلييه بحثه هذا بعبارة واردة فى كتاب كَنْت « نقد الحكم » ومن هذه العبارة انتهى إلى هذه النتيجة التى أوردناها . أما المبدأ الأول فيقول بالنص :

« فى سلسلة من الأحداث وجود ظاهرة لا بد أن يعين وجود ظاهرة أخرى » . أما المبدأ الثانى فيقول :

« وجود ظاهرة فى نظام معين لا يتعين تعيناً حقيقياً إلا بالنسبة إلى نظام الكل » . فلندرس كلا من هذين المبدأين بالتفصيل :

أما المبدأ الأول فهو مبدأ العلية العام مصوغا بطريقة أكثر دقة ، ويقصد منه أن الظواهر يحدد بعضها بعضا ، وأنه لكى يتم وجود ظاهرة من الظواهر فلابد أن تسبق بظاهرة أخرى أو على الأقل توجد فى صلة معها بحيث يتحدد وجودها بوجود الأولى . وهكذا نجد أن الكون سيتركب من سلسلة مترابطة من الظواهر التى يحدد بعضها بعضا . وإذا اقتصرنا على هذا المبدأ ، لاستمر هذا التحديد إلى غير نهاية . ولكننا إذا استمررنا إلى غير نهاية فإننا سننتهى

قطعاً إلى الفوضى والاختلاط وستكون حال العالم كحاله فى مذهب ابيقور قبل تجمع الذرات من أجل تكوين الأكوان .

ولكن هذا المبدأ غير كاف لأن افتراض إمكان حدوث مثل هذه الحالة حالة الفوضى المطلقة ممكن ، وليس أقل إمكاناً من فكرة الجبرية المطلقة . فلا بد هنا إذن فى نظر لاشلييه أن يتدخل مبدأ آخر يحول دون حدوث هذه الفوضى المطلقة ، وهذا المبدأ هو مبدأ الغائية . والغائية هنا ليست بالمعنى المفهوم عادة من أن مجموعة أشياء تتجه نحو غاية نهائية وإنما يقصد به أن ثمة نظاماً يقتضى ترابط الأشياء على نحو ضرورى من شأنه أن يجعل الجزء الواحد يتوقف فى تركيبه وطبيعته على الجزء الآخر ، ومن هنا صاغ لاشلييه هذا المبدأ على هذا النحو : « إذا كونت الظواهر نظاما فإن هذا النظام فيه تقود فكرة الكل فكرة الأجزاء وطبيعة الكل تحدد وجود الأجزاء » . ويفهم لاشلييه الغائية هنا بمعنى الغائية الباطنة أى التى تتعلق بطبيعة الشىء نفسه من حيث ترتب وظائفه وأجزائه بعضها بالنسبة إلى بعض من أجل تحقيق كماله أو فكرته الموجهة .

وليست الغائية هنا غائية خارجية بمعنى أن يكون الشىء وسيلة لتحقيق غاية خارجة عنه ، فالغائية الباطنة عنده هى بعينها تلك التى فهمها كنْت وهى ترجع فى نفس الآن إلى فكرة الجمال ، فعند كنت أن الجمال هو وجود النظام فى الأجزاء وتضافر الأجزاء بعضها مع البعض الآخر وفقاً لما تقتضيه طبيعة الكل .

ولو قدّر للاشلييه أن يعبر عن مذهبه فى صيغة أعم لانتهى إلى مذهب فى وحدة الجمال كمذهب بلدوين Baldwin المسمى باسم pancalisme

ولو نظرنا فى هذين المبدأين لوجدنا أولاً أن الأصل فيهما يرجع إلى النقدية المحدثة التى اعتنقها لاشلييه ومثلها فى فرنسا فى أواخر القرن الماضى

ومرجعها في النهاية إلى أن الأشياء لا وجود لها في الواقع إلا لأن عقلي يتأملها ويدركها . أجل قد يكون للأشياء في ذاتها وجود ، ولكنني لا أعلم عنه شيئاً وليس في وسعي أن أعلم عنه أي شيء . وذلك لأن الأصل في المعرفة هو التجربة ، والتجربة هي الأشياء كما يتصورها العقل. فحتى الأصل الذي أبدأ منه والذي يدعيه أصحاب المذهب الوضعي الذي يقول بوجود خارج العقل ، لا يمكن أن يتحقق إلا بواسطة عقل يحده ، والعقل لا يستطيع أن يدرك الأشياء إلا على أساس أن بها نظاماً ، فكما أنه يفترض في إدراكه للموجودات والمعقولات مبدأ الذاتية حتى يتم أي فكر سليم ، فإنه كذلك يفترض مبدأ النظام لكي تتم المعرفة .

وعلى ذلك فلما كانت الطبيعة الخارجية لا وجود لها إلا بوصفنا مدركين لها ، فلا بد أن يسودها إذاً هذا المبدأ ، مبدأ النظام . لهذا لا نستطيع أن نساير مبدأ العلل الفاعلية أي مبدأ الجبرية إلى نهايته ، بل لا بد أن يتدخل دائماً مبدأ النظام كي يعدل من شطحات المذهب الأول ، حتى ندرك الحقيقة الخارجية الإدراك السليم . وهنا نجد لاشلييه يعتمد حتى على أبحاث العلماء الوضعيين التجريبيين ويهيب خصوصاً بكلود برنار ، وعلى وجه التخصيص بفكرته في الصورة الموجّهة idée directrice ويذهب إلى تفسير هذه الفكرة على أنها تدل على معنى الغائية ، ولو قدّر له أن يفسر كلود برنار لقال ان هذه الصورة الموجّهة لا توجد في الكائنات الحية وحدها بل وأيضاً في الجمادات . فحركات الكواكب بعضها بالنسبة الى بعض إنما تتم أيضاً تبعاً لصورة موجهة . وانتقال ذرة الهيدروجين من حمض لكي تتحد بعنصر مكوّنة ملحاً ، إنما يتم أيضاً تبعاً لصورة موجهة . وانتقال قطعة من الجسم في المحلول لكي تنضم إلى البلورة التي بسبيل التكوين على نحو يجعل البلورة ذات شكل هندسي دقيق إنما يتم أيضاً تبعاً لصورة موجّهة .

فلننظر الآن فى كل مبدأ من هذين المبدأين اللذين قال لاشلييه إنهما الأساس فى الاستقراء والمنهج التجريبى عموما . ولنضرب صفحاً عن المذهب الميتافيزيقى الذى أقام على أساسه هذا القول . فقد يمكن أن تكون هذه المقالة التى قال بها لاشلييه مفهومة معقولة فى داخل هذا الإطار الميتافيزيقى الذى قال به وهو الإطار النقدى المحدث ، ولكننا لا نريد أن ننظر إليه هنا إلا من ناحية علم المناهج . فنقول انه فيما يتصل بالمبدأ الأول ، هذا المبدأ يقول إن الظواهر يعيّن بعضها بعضاً ، فهناك سابق يؤثر فى اللاحق بالضرورة أو على الأقل هناك أشياء يؤثر بعضها فى بعض . ولكن قد يقال هنا إننا حين التجريب لا نبدأ من هذا المبدأ ، انما هو مبدأ قد نحصله باستمرار التجريب وتواليه . ولكن هذا الاعتراض على مبدأ لاشلييه ليس بوجيه ، وذلك لأن التجريب نفسه لا بد أن يقوم فى أول الأمر على افتراض ضمنى على الأقل لمبدأ الجبرية . إذ ما معنى التجريب إلا أن يكون هناك افتراض أن الأشياء التى حدثت اليوم ستحدث أبداً مهما اختلفت أسباب الزمان والمكان ! فهنا يجب — كما يلاحظ الأستاذ لالاند — أن نقول إن مذهب لاشلييه مصيب .

أما عن المبدأ الثانى وهو مبدأ الغائية الباطنة فهو مبدأ محفوف بالكثير من الغموض ، فضلاً عما فيه من نزعة لا نقول انها مضادة للعلم بل نقول على أقل تقدير إنها خارج العلم . فيلاحظ أولا أنه ليس من الضرورى أن تشترط الغائية فى كل الظواهر . فهذا المبدأ إذن يتجاوز الحقيقة وأعم منها . فمثلا فى علم كالفلك نحن لا نفترض مطلقاً ولا يمكن أن نفترض أن ثمة غائية أى نظاماً فى حركات الكواكب ، وإلا عدنا إلى ذلك الفلك المتهدم القديم الذى كان يقيم قواعده وأقواله على أساس اعتبارات صوفية كما فعل الفيثاغوريون مثلا أو كما تفعل أنواع الفلكيات المرتبطة بفكرة الغائية لأسباب دينية . وعلينا هنا إذاً ألا ننشد

نظاماً بل ننظر فى الحركات كما هى بأن تعتبر القوى المؤثرة وعلى أى نحو يتم التأثير بواسطة الجاذبية مثلا ونحدد الحركات التى تقوم بها الكواكب وفقاً لتأثير هذه القوى .

وثانياً يجب أن يلاحظ أنه مبدأ ملتو ، يحتمل الكثير من التأويل لأن فكرة النظام فكرة غامضة: فقد يكون النظام فى الثبات كما كان يفهمه اليونان خصوصاً ، وقد يكون النظام فى الحركة ذات الاتجاه كما تفهمه فعلا الروح الأوروبية ، فإذا كان لدينا فرضان فيما يتصل بتكوين الكائنات مثل فرض « أجاسيس » Agassiz الذى يقول بالثبات ، بينما هناك فرض أصحاب التطور ابتداء من لا مارك حتى دارون الذى يقول بالتطور الحركى للكائنات ابتداء من البلورة حتى الإنسان — فالمبدأ هنا إذاً مبدأ النظام يمكن أن يفسَّر عدة تفسيرات ، ومن هنا لا نستطيع أن نقول إنه مبدأ ثابت محدِّد للتفسير . والواقع أن ثمة شبهاً كبيراً بين هذين المبدأين وبين التفسير الذى أدلى به روابيه كولار وذكرناه من قبل لفكرة القانون ، فقول روابيه كولار إن القوانين ثابتة ، يناظر تماماً قول لا شلييه إن الظواهر يعيّن بعضها بعضا فى الوجود ؛ وقول لا شلييه إن وجود الكل يحدد طبيعة الجزء ، يناظر قول روابيه كولار إن القوانين عامة — مع مافى هذا التفسير أو التشبيه من تعسُّف .

فإذا نظرنا نهائيا فيما انتهى إليه تحليل لاشلييه لأساس الاستقراء وجدنا أن القسم الأول منه وهو المتعلق بالجبرية صحيح بوجه عام ، ولكنه لم يأت فيه بشىء جديد بخلاف ما أتى به من حللوا العلية من قبل . والمبدأ الآخر الذى كان جديداً بعض الجدة على الأقل بالنسبة إلى تحليل المنهج التجريبي وأساس الاستقراء يحيط به الغموض من كل جانب ولا يصلح فعلا أن يكون أساساً حقيقياً أو مبدءاً للاستقراء . ومن هنا نجد أن المناطقة قد حاولوا فى أوائل هذا القرن وبعد أن أثار لا شلييه مشكلة

أساس الاستقراء هذه الإثارة حتى جعلها تقريباً من أكبر المؤثرات على الفكر الفرنسى المعاصر ، نقول إنهم بحثوا بعد هذا عن أساس الاستقراء فكانت آراؤهم متضاربة بين نزعة فعلية أو برجماطيقية يمثلها خصوصا من بين العلماء : دوهم وبوانكاريه ، ونزعة منطقية منهجية حاولت أن تقدّم أنواعاً من المبادىء العامة التى هى بالأحرى يجب أن تعدّ أوصافا للأفكار الحادية لذهن العالم إبان البحث ، ويمثل هذا الاتجاه خصوصا الأستاذ لالاند وجوبلو ؛ وثالثا نجد فريقاً من العلماء المختصين الذين لم يشاءوا الذهاب إلى الحد الذى ذهب إليه دوهم وبوانكاريه من الشك فى إمكان اليقين بالنسبة إلى النظريات الكبرى والفروض العامة ويمثل هذا التجاه خصوصاً فى فرنسا لانجفان وبيران Langevin, Perrin

أما دوهم ويوانكاريه فقد عرفنا من قبل مذهبهما ، فخلاصة مذهب الأول أننا نقتطع من الوقائع أشياء نفترض افتراضاً أنها تمثل الوقائع الحقيقية مع أنها ليست فى الواقع غير اقتطاعات ذهنية وتقطعات فى الوجود الحقيقى لا تمثله تمثيلا حقيقياً . وما التفسيرات إلا أنواع من الفروض الميسّرة التى تمثل لنا الحقيقة الواقعة على نحو أو على نحو آخر . وبوانكاريه يذهب إلى نفس المذهب فيرى أن النظريات العلمية لا يمكن أن يبرهن عليها بيقين وأننا هنا بإزاء فروض ميسرة فحسب ، وأن فى الاستقراء من الغرر والمجازفة والبعد عن اليقين قدراً هائلا وبالتالى لا سبيل إلى إثبات النظريات الكبرى بوجه خاص لأنها تقوم على تعميمات أكبر . ويميّز حينئذ بين التجارب الجزئية التى قد يكون فيها مقدار وافر من اليقين وبين الفروض العامة التى يمكن أن تعد مجرد فروض ، نصيبها من اليقين لا يربو كثيراً على نصيبها من عدم اليقين . والأصل فى نظرية هؤلاء ومن جرى فى أثرهم التمييز بين مسألتين يجب فى الواقع أن يميز بينهما بمنتهى الدقة ، وهذا التمييز هو التمييز بين الواقعة وبين التجربة .

أما الواقعة فهى الأشياء الخارجية ، وأما التجربة فهى التفسير الذى نعطيه لهذه الوقائع الخارجية . وقد تكون الأولى سليمة وواقعية تماماً ، ولكن المهم هو التفسير الذى نعطيه لهذه الوقائع فكما يقول بينيه Binet : أجل إن المسألة مسألة ملاحظة وتجريب ؛ لكن ما أشق إيجاد الصيغة الدقيقة المعبرة عن الوقائع ! وعلى هذا فإن القسم الثانى ظاهر أنه يتوقف تماماً على العقل الإنسانى؛ والقسم الأول لا سبيل إلى الوصول إليه فى ذاته لأنه إذا كان موجوداً فى ذاته فلا يمكن أن نعلم عنه شيئاً إلا بحسب تجربتنا له ، فالأمر سيرتد فى النهاية إلى تجربتنا العقلية الخاصة وعلى هذا فكأننا سنرتد أيضاً إلى العقل الإنسانى وطرقه فى الإدراك . وهذا السحر الذى كان يضفى على فكرة التجربة قد زال فى النهاية . ومغالاة الوضعيين فى الإشادة بالتجربة والتجريب إنما تقوم على نوع من الادعاء الزائف لا أساس له . فجرِّب ما شئت أن تجرب ولكن المهم هو أن تفسر ما قمت به من تجارب وما قدمته لك هذه التجارب من نتائج . وهذه مسألة تتوقف على ذهن العالم وحده ، والأمر إذن يتوقف فى النهاية على العقل الإنسانى بما له من تركيب خاص ومن ميل معين إلى تفسير الأشياء على نحو دون آخر . فعلينا إذن أن نطامن من حدة ادعاء الوضعيين الذى لم يعد تستحق إلا الابتسام العريض لأنه تبين أنه يقوم على عدم إدراك كاف لمعطيات التجربة وشرائط الاستقراء .

أما أصحاب الاتجاه الثالث من أمثال لانجفان وبران ، فإنهم لا يريدون أن يتخذوا من هذا دليلا على استحالة الإدراك المطابق للواقع لكل الأشياء . فإذا كانت الفروض الواسعة فى العلوم الطبيعية لم تتحقق كلها على وجه اليقين فلا يجب أن نيأس من إمكان تحققها يقيناً يوماً من الأيام ونحن دائماً بسبيل تحقيق فروض بعد فروض وهكذا باستمرار . ومن الملاحظ طبعاً أن موقف هؤلاء

لا يختلف كثيراً عن موقف أصحاب المذهب السالف إلا فى هذه التمنيات التى إن جازت فى باب الأخلاق فلا تجوز فى باب العلم .

بقى إذن التيار الثانى الذى يمثله المناطقة المنهجيون . وهنا نجد « لا لاند » أولا يقول إن ثمة مبادىء ثلاثة تقوم عليها مبادىء الاستقراء ، وقد رأينا من قبل كيف ميز بين مسألة مبادىء الاستقراء ومسألة أساس الاستقراء ، وهى تفرقة ليست واضحة لديه بطريقة كافية فهذه المبادىء الثلاثة هى مبدأ إمكان الاستدلال déductibilité ثم مبدأ الاحتمالية المتممة probabilité complémentaire ثم مبدأ التعميم universalisation أما المبدأ الأول فخلاصته أنه لكى يتم استقراء صحيح فيجب أن يكون فى الوسع إجراء استدلال بعده ولذا يقول بصريح العبارة إنه يجب أن يكون الاستدلال والاستقراء معاً متضافرين فى داخل عالم مقال شىء واحد . والذى يثبت لنا صحة الاستقراء هو إمكان الاستدلال .

فإذا أمكننى بعد فرض الفروض أن أستنتج بواسطة الاستدلال نتائج قابلة للتحقيق والتطبيق كان الاستقراء صحيحاً . والمبدأ الثانى يقوم على أساس فكرة الاستبعاد : فنحن دائماً بإزاء طائفة كبيرة من الفروض علينا أن نستبعد الواحد منها بعد الآخر وفقاً لكون هذا الفرض أو ذاك يخالف ما ثبت علمياً حتى الآن وهكذا حتى ننتهى إلى فرض واحد يكون هو الحقيقى . فهذا المنهج السلبى ، منهج الاستبعاد ، هو مبدأ من المبادىء الرئيسية فى الاستقراء .

وحينئذ قد يعترض على هذا بأن يقال إن ميدان الفروض فسيح لا يحد فـ[illegible] نقوم إذن بهذه العملية التى تبدو مستحيلة ؟ يجيب على هذا لالاند بأن يقول إن مجال الفروض محدود بحسب طبيعة المادة التى يجرى عليها الفرض

فمثلا بالنسبة إلى المجموعة الفلكية ، نجد أن لدينا فرضين : اما أن تكون الأرض هى التى تدور حول الشمس ، أو الشمس هى التى تدور حول الأرض . فنحن إذن بين فرضين ، وإذا وجد مثلا أن أجساماً مكهربة قد أفرغت شحنتها الكهربية حينما توضع فوق موقد ذى غاز مشتعل فإن هذا إما أن يرجع إلى الحرارة أو إلى تحول الغاز إلى أيونات ، فنستبعد الفرض الأول بإثبات أن إفراغ الشحن الكهربية يتم بدون وجود الحرارة ؛ فلا يبقى إلا الفرض الثانى وهو تأين الغاز. وهكذا نجد باستمرار أن المجال محدود فى الفروض. — وفى هذا الرد شىء من الوجاهة ، ولكنه ليس صحيحاً فى كل الأحوال ، فضلا عن أنه لا يقدم فى الواقع قوة دافعة إلى فرض فروض كثيرة عسى أن يتحقق منها واحد غير ما كان يفكر فيه . وعلى كل حال فهذا المبدأ الثانى ينطوى على كثير من الاحتمالية ، ويدخل فيه حساب الاحتمال إلى حد بعيد .

والمبدأ الثالث يمكن أن يلخص فى قولنا إن الأشياء التى تسير على قانون ما يجب أن تستمر على نفس الطريقة إلى أن يظهر برهان عكسى . وهنا نحن نفرض — كما قال جوبلو — نفرض إمكان أن يسير الزمان والمكان كما هما الآن وأن تكون الظواهر العامة التى تدخل فى إطارها الظواهر الجزئية سائرة كما هى فلا نفترض مثلا فناء الشمس أو ظهور قوة جديدة أو تدخل قوة مفاجئة من عالم مجهول ، وعلى هذا نستطيع أن نستمر على هذا المبدأ ما دمنا لا نجد فرضاً مضاداً أو برهاناً عكسياً ينفى ما نقول . غير أننا نلاحظ أخيراً على هذه المبادىء أنها توجيهات للبحث العلمى أكثر من أن تكون بياناً لأساس الاستقراء . والرأى الصحيح الذى يجب أن ننتهى اليه هو رأى أصحاب المنهج الأول ، فالنتيجة الأخيرة التى نستطيع أن نستخلصها هى أنه لكى يقوم العلم لا بد أن نفرض الجبرية ، والجبرية الدقيقة إلى أقصى حد ، وأنه يجب ألا نتوقع تغيراً مفاجئاً

للقوى المؤثرة فى الـكون ، ولا نفرض أى تدخل خارق للطبيعة فى ظواهر الطبيعة . وعلينا أن نؤمن بالجبرية المطلقة والحتمية المطلقة الموجودة فى الطبيعة إلى أقصى حد ، وهذا الإيمان كـكل إيمان مصادرة فحسب أى شىء نصادر عليه ونفترضه افتراضاً ولا أساس له من الواقع ، إن كان ثمة بعد مجال للتحدث عن أى واقع .

المنهج الاستردادى

يتكون التاريخ من وقائع حدثت مرة واحدة والى الأبد ، بينما يتكون العلم من حقائق قابلة دائماً لأن تعود ، وما ذلك إلا لأن التاريخ يقوم على الزمان ، وأول خاصية من خصائص الزمان عدم قابلية الإعادة irréversibilité لأن الصفة الرئيسية للزمان هى الاتجاه ، والاتجاه يقتضى السير قدماً دون تراجع أو تخلف أو تكرار ، ومهمة علم التاريخ أو التأريخ أن يقوم بوظيفة مضادة لفعل التاريخ ألا وهى أن يحاول أن يسترد ما كان فى الزمان ، لا ليتحقق فعلياً فى مجرى الأحداث فهذا ما ليس فى وسع أى كائن من كان أن يقوم به وحتى الله نفسه لا يجعل شيئاً قد كان يتكرر هو نفسه مرة أخرى كما أنه لا يجعل شيئاً كان ألا يكون قد كان . وأما مهمة التأريخ فهى أن يحاول أن يستعيد فى الذهن وبطريقة عقلية صرفة ما جرت عليه أحداث التاريخ فى مجرى الزمان ، محاولا أن يتصور مجرى هذه الأحداث وكأنه يجرى فى اطراد موجه . ومن حيث أن هذا لا يمكن أن يتم إلا بنوع من التجربة الحية التى يحاول المرء فيها أن يعانى فى نفسه ما قد كان حسبما كان ، فإن التأريخ الحق هو ذلك الذى يستطيع أن يحيا تجارب الماضى ، كما حدثت ، فى نوع من التخيل . ولكن هذا التخيل ليس تخيلا مبتدعا ؛ إنما يجب أن يقوم على أساس ما خلفته الأحداث الماضية من آثار ، ذلك أن ما كان لا يمكن أن يستعاد بحال . إنما يمكن أن يستعاد نظرياً بنوع من التركيب ابتداء مما خلفه من وقائع يعمل الذهن فيها أحياناً والخيال المبتدع أحياناً أخرى ، على أساس نوع من الوجدان هو ما يسميه

اشپنجلر باسم « التوسم » physiognomique ، فبهذا التوسم نكون الصورة الماضية على خير وجه متيسر . وقيمة هذا التوسم تتعلق من ناحية بقدرة المؤرخ المتوسم ، ومقدرته على النفوذ وراء الآثار فى اكتناه للصورة الكلية المتصلة التى تعبر عنها هذه الظواهر المتناثرة أو الآثار المتباعدة ، وهذه مسألة لا تتعلق بالعلم فى شىء ، إنما هى نوع من الهبة الطبيعية التى لا تتوافر إلا للممتازين ، فليس لنا إذن أن نبحث فيها ، ولكن هذه الهبة لا تستطيع أن تأتى بنتائج صحيحة إلا بالاعتماد على الآثار المتخلفة عن الأحداث التاريخية ومن هنا كان لهذه الآثار التى يسمونها باسم الوثائق documents أكبر قيمة فى الدراسة التاريخية .

فالتأريخ لا يمكن أن يتم حقاً ، كما يقول Seignobos & Langlois فى كتابهما الممتاز(١) « المدخل إلى الدراسات التاريخية » Introduction aux études historiques ، نقول لا يمكن أن يقوم التاريخ إلا على أساس من الوثائق ، وهذه الوثائق تنقسم إلى : آثار أو مخلفات خطية ، أو روايات ، أو نقوش .. إلخ ولهذا يجب أن تكون الخطوة الأولى فى المنهج التاريخى هى خطوة البحث عن الوثائق ، وهى ما يسميه المؤرخون الألمان باسم Heuristique, Heuristik من كلمة يونانية تدل على البحث أو الوُجد ، ومعنى هذه الكلمة محاولة إيجاد الوثائق الكافية أو الممكن إيجادها المتعلقة بحادث من الأحداث التاريخية .

فعلينا أولا أن نجمع كل ما يمكن جمعه من الوثائق المتعلقة بعصر من العصور

---

(١) راجع الآن ترجمتنا لهذا الكتاب ضمن كتابنا : « النقد التاريخى » ، القاهرة سنة ١٩٦٣ .

أيّاً كان نوع هذه الوثائق ، وأن نضمها جميعاً فى مكان واحد هى بعينها أو على الأقل ما يمكن جمعه منها ثم صوراً لما لا يمكن وضعه فى هذا المكان . والخطأ الأكبر الذى يقع فيه المؤرخون إنما كان ينشأ دائما عن كونهم لا تتوافر لديهم كل الوثائق المتعلقة بالحادث موضوع الدرس . ولم ينهض التأريخ نهضته الحقيقية إلا بعد أن هيأت المكتبات والمتاحف ودور المحفوظات التى تضم الأشتات المختلفة لموضوع واحد فى مكان واحد ميسرة بهذا للمؤرخ أن يقوم بعمله . وإذا كنا لم نستطع أن نصل حتى الآن إلى نتيجة مرضية من هذه الناحية فان التقدم الهائل لعلم الفيلولوجيا لم يتم فى الواقع إلا بفضل المجهودات الضخمة التى بذلت فى هذا السبيل فى أواخر القرن الماضى وأوائل هذا القرن . ولا ضير على الإنسان أن يبدأ أولا بجمع الوثائق من أى مصدر كان وأن يضم بعضها إلى بعض دون ترتيب أو تمييز أو اختيار أو تصنيف لأن المهمة الأولى فى الواقع هى جمع الوثائق من مظانها فى كل مكان . حتى إذا ما انتهت هذه الخطوة الأولى أمكن بعد للمؤرخين أن يعنوا بهذه الوثائق ويتوفروا على دراستها ليستطيعوا عن هذا الطريق أن يصلوا إلى الأحداث التاريخية التى ليست هذه الوثائق غير آثار متخلفة عنها .

فعلينا إذن كخطوة أولى أن نضم كل الوثائق المتعلقة بشيء ما — سواء أكان حدثاً تاريخياً ، أم كتاباً يراد نشره ، أو كان صيغة دبلوماسية أو عقداً من العقود وعلى وجه العموم أى شيء يراد استرداده تاريخياً ، علينا أن نجمع هذه الأشياء فى مكان واحد قدر المستطاع إما هى نفسها أو صوراً منها ، مضيفين اليها إن أمكن كل المصادر غير المباشرة التى تعيننا على تحقيق صحة الوثائق المدروسة كما سيتبين بعد قليل .

وإذا تمت هذه الخطوة الأولية بدأت الخطوة الحقيقية فى المنهج التاريخى وهى خطوة النقد .

النفر : هذه الوثائق التى يعتمد عليها المؤرخ يجب أن تكون نقطة البدء لكى يصل فى النهاية إلى الواقعة التاريخية التى تعدّ الغاية الأخيرة . ولكن بين الوثيقة وبين الواقعة التاريخية المستردة طريقاً شاقاً طويلا يقوم كله على أساس أنواع من الاستدلال : فمنها ما هو استدلال خالص ، ومنها ماهو برهان بواسطة المماثلة أو التمثيل أو قياس النظير ، ومنها ما يقوم على الاستقراء . وهذه الخطوات المتوسطة بين نقطة البدء ونقطة الانتهاء هى الوصف الحقيقى للمنهج التاريخى . وأى خطأ فى أية نقطة من هذه السلسلة الطويلة سيؤدى قطعاً إلى خطأ قد يكون فاحشاً فى بعض الأحيان . فعلينا إذن أن نمعن فى تحديد الخطوات الموصلة من نقطة البداية إلى النهاية ، وأن نضع كل القواعد الدقيقة التى يجب اتباعها والسير بكل دقة لتنفيذها حتى لايكون ثمة نقص فى أية خطوة نخطوها وحتى لا نصل إلى نتيجة خاطئة تبعاً لخطأ عرضى جزئى قمنا به فى أية مرحلة .

ولو نظرنا فى الوثائق لوجدناها على نوعين : النوع الأول هو الآثار أو الأشياء المصنوعة ، والنوع الثانى هو الآثار الكتابية التى قد تكون وصفاً لحادث تاريخى ، أو قد تكون رواية عيانية لهذا الحادث ، أو قد تكون مجرد جمع روايات عيانية وغير عيانية لهذا الحادث التاريخى . أما النوع الأول فيسير ، لا يؤدى كثيراً إلى الأخطاء اللهم إلا من حيث بيان صحة نسبته التاريخية ، وذلك لأنه أثر مادى ؛ وكل أثر مادى يتكافأ مع مؤثر حقيقى فعلى ، فمن اليسير إذن وفقاً لحالة الأثر أن نكشف عن حالة المؤثر . فآثار كالأهرام مثلا والمعابد والأبنية أو الترع أو التخطيطات للمدن المختلفة ، كل هذه الآثار من اليسير أن نحدد ما لها من صلة بمنشئها ، لأننا هنا بإزاء أشياء مادية تقريباً ومن اليسير فى مثل هذه الأحوال أن نحدد الصلة الوثيقة بين الأمر المادى والمؤثر الفاعل .

أما فى حالة النوع الثانى من الوثائق ، فالأمر عسير كل العسر لأنه عبارة

عن الآثار المتخلفة فى نفسية إنسان عن حادث من الأحداث ، والإنسان بطبعه حر متغير كثير التأثر يخضع لعوامل عدة ويتأثر بها بطرق مختلطة وعلى أنحاء متعددة ، فضلا عن أن لديه دواعى عدة للتحريف أو التزييف أو الوقوع فى الخطأ أو مجرد الوهم ، ومن هنا فإننا سنكون حينئذ بإزاء محاولة شاقة لاستكناه العوامل النفسية التى أثرت فيمن كتب هذه المخلفات الخطية لـكى نتبين الدوافع التى دفعته وصحة هذه الدوافع ومقدار الصدق فى نقل الحادث ، إلى آخر هذه المسائل المتعلقة بامتحان صحة الروايات . والأمر قد يكون أيسر بالنسبة إلى المخلفات الحديثة ، بينما الأمر شاق جداً فيما يتصل بالآثار القديمة أولا لأن عوامل التغيير من أيد كثيرة مرت بها هذه الأشياء أو من مجرد فعل الزمان الذى يعفى على الآثار ، فضلا عن عدم الدقة فى المؤرخين الأقدمين نظراً إلى روحهم التوكيدية القاطعة أو إيمانهم الساذج ببعض الأحداث دون نقد أو تمييز — لهذه الأسباب كلها يكون الأمر عسيراً كل العسر فى تحديد صحة الوثائق المتخلفة عن العصور القديمة فعلينا إذن أن نقوم بعملية امتحان قاس لـكل هذه الوثائق المتخلفة عن الحادث موضع الدرس وذلك بأن نسأل أولا : هل الوثيقة صحيحة ، أى كما كانت فى الأصل ؟ وإذا لم تكن كذلك فماذا عسى أن يكون النص الصحيح ؟ ثم نحقق المصدر الذى تنسب اليه الوثيقة ، وهذا ما يكون النقـــد الخارجى critique externe أو نقد التحصيل critique d'érudition أو النقـــد الفيلولوجى critique philologique .

وعلينا بعد هذا كخطوة ثانية أن نسأل أولا : مامعنى هذا النص ؟ ثانياً : هل آمن به صاحبه ؟ ثالثاً : هل كان محقاً فى إيمانه به ؟ وهذه المسائل الثلاث هى التى تـكون ما يعرف باسم النقد الباطن critique interne . وبواسطة هذين المنهجين نستطيع أن نصل أولا إلى تحديد دقيق لصحة الوثيقة التاريخية وهذا يتم

بفضل النقد الخارجى ؛ وثانياً إلى فهم معنى الوثيقة — وهذا ما يقوم به النقد الباطن ، ولهذا انقسم النقد التاريخى إلى قسمين ضخمين : النقد الخارجى والنقد الباطن . فلندرس كلا على حدة بالتفصيل :

١ — النقد الخارجى :

يجب أن نلاحظ أولا : أن مهمة المؤرخ كأشق ما تكون المهمة . وذلك لأن الوثائق التى لديه ليست كالمواد الطبيعية التى يجرب فيها الفزيائى أو الكيمائى لأن هذه الوثائق ليست هى الأحداث الواقعة وإنما هى تقريرات وأوصاف عنها وروايات مفصلة بها ، وما مثل المؤرخ فى هذه الحالة إلا كمثل الكيمائى الذى لا يعاين التجارب بل يكتفى بدراسة التقريرات التى يقدمها له المحضر فى المعمل ، بل الأمر أعسر بكثير ، لأن فى وسع الكيمائى أن يعاين بنفسه هذه الظواهر الكيمائية بإعادة التجارب من جديد والتحقق من صحة تقريرات المحضر ، أما المؤرخ فليست له حتى هذه الوسيلة : فما كان قد كان ولا سبيل إلى إعادته ، ولهذا كانت مهمته محفوفة بكثير من المصاعب ، مما سيتبين من دراستنا لكل جزء من جزأى النقد التاريخى .

أما النقد الخارجى فينقسم قسمين : أولا : نقد الاستعادة أو نقد التصحيح ، وثانياً : نقد المصدر .

١ — نقد الاستعادة critique de restitution :

يقوم هذا النقد على أساس التحقق من صحة الوثائق التى لدينا عن الحادث ، فعلينا أن نعرف : هل الوثيقة صحيحة ؟ أى أنها هى الوثيقة الحقيقية التى كتبها صاحبها . فكثيراً ما يدخل فى الوثائق كثير من الحشو أو قد يضاف إليها كثير من الإضافات الزائدة المقصود بها الإكمال ، وأحياناً يكون النص محرفاً فى بعض

أجزائه ، وأحياناً رابعة يكون النص مزيفاً تماماً . وهذا التزييف يتعلق إما بالوثائق ذات القيمة أو بالوثائق الضئيلة القيمه ، وعلى كل حال فهذه مسألة تتعلق بالأحرى بالقسم الثانى من النقد الخارجى أى ذلك المتعلق بنقد المصدر . ولدينا فيما يتصل بالوثائق أحوال ثلاث رئيسية : الأولى منها أن تكون لدينا نسخة بخط المؤلف من الوثيقة موضوع البحث ، فحينئذ يكون الأمر يسيراً وما علينا فى هذه الحالة إلا أن ننسخ هذه الوثيقة كما هى فى الأصل تماماً دون أن نزيد فيها حرفاً أو ننقص منها شيئاً ، حتى لو كانت مليئة بالأخطاء . فمهمتنا فى هذه الحالة مهمة فوتوغرافية — إن صح هذا التعبير — لأن المطلوب هو تقديم وثيقة المؤلف الأصلية بالضبط كما كتبها . والحالة الثانية أشد عسراً وهى ألا تكون الوثيقة مخطوطة بخط المؤلف بل نسخة وحيدة . وهذه النسخة الوحيدة قد تكون أحياناً كثيرة مليئة بالأخطاء . وهذه الأخطاء إما أن تكون أخطاء فى الحكم أو أخطاء عرضية . أما الأخطاء فى الحكم فتتعلق إما بالجهل من جانب الناسخ أو بمحاولة إصلاح النص حسب فهمه الضيق فيسىء إلى النص من حيث أراد أن يصلحه . ونحن نجد الكثير جداً من هذه الأخطاء التى تحدث عن جهل الناسخ وعدم فهمه للاصل تماماً خصوصاً فى المخطوطات العربية . أما الأخطاء العرضية فتنشأ من الناسخ إما بنسيان بعض الألفاظ أو بتشتت انتباهه أثناء النسخ أو أخطائه إثناء الإملاء أو من مجرد الأخطاء التى يرتكبها خطياً مما يسمونه الأخطاء القلمية **lapsus calami** . فهذه الأخطاء المتعلقة بالتحريف فى النص يمكن إصلاحها بوجه عام عن طريق استقصاء الأخطاء التى يقع فيها المرء عادة أثناء النسخ مثل تكرار بعض الكلمات أو بعض المقاطع وهو ما يسمونه **dittographie** أو ذكر مقطع من المقاطع المتكررة دون المقاطع الأخرى وهو ما يسمونه **haplographie** والأخطاء فى علامات الترقيم ... الخ .

وهذه الظاهرة المتصلة بالأخطاء الكتابية تبدو فى أحد صورها فى الكتابة العربية خصوصاً وأنها عانت الكثير من التطورات ففى البدء كانت الحروف تكتب من غير نقط ولا إعجام ، فضلا عن أن الشكل لم يكن قد وجد بعده وهذا أظهر ما يكون فى اختلاف القراءات بين المصاحف المختلفة وبين القراء المختلفين ، كما يظهر فى النصوص التى اختلف عليها أكبر اختلاف سواء النصوص الأدبية ونصوص الحديث بأنواعها ، ولكى يصلح النص إصلاحاً حقيقياً يجب على من يتصدى لهذا العمل أولا أن يكون محيطاً باللغة التى كتب بها النص ، ثانياً أن يكون عالماً بالخطوط التى كتبت بها النصوص التى يشتغل فيها ، وبكل الخطوط التى مرت بلغة من اللغات إذا كان يتناول عصوراً متطاولة ، ويجب ثالثاً أن يكون على علم بالأخطاء الشائعة الخاصة بكتابة لغة من اللغات مما يرد عادة لدى النساخ فى أحوال كثيرة تبلغ درجة أن تكون هذه الأخطاء أخطاء عامة .

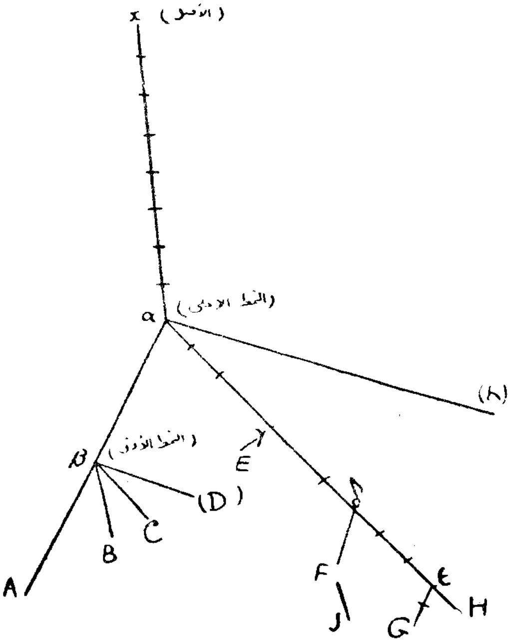
وينبغى من أجل ذلك وضع معجم أبجدى منهجى للاخطاء الشائعة الخاصة بكتابة لغة من اللغات ، فهذه عملية من أهم العمليات التى تساعد الناشرين على تحقيق النصوص وإصلاحها . ومن هنا عنى بها الفيلولوجيون منذ عهد بعيد وخصوصاً أولئك الذين اهتموا بالدراسات اليونانية واللاتينية . لهذا قام كثير من الباحثين بوضع معاجم مفصلة أبجدية للأخطاء الشائعة بين النساخ وطريقة إصلاحها ، ومن أهم المعاجم فى هذا الصدد معجم Adversaria critica تأليف مادفج 'Madvig' فيما يتصل باليونانية واللاتينية معاً ، ثم معجم Bast : 'Commentatio paleographica' بالنسبة إلى اللغة اللاتينية ثم 'Gradus ad criticem' تأليف هاجن Hagen بالنسبة إلى اللغة اللاتينية أيضاً . فبواسطة هذه المعاجم التى يجب أن توجد نظائر لها فى العربية بعد قيام حركة النشر الهائلة التى قام بها المستشرقون فى أواخر القرن الماضى وأوائل هذا القرن ،

تفيد فائدة جلى ، والتصحيحات التى نستطيع أن نقوم بها بواسطتها كثيرة لا تحصى ، ومن الأمثلة المشهورة على هذا تصحيح **Madvig** لنص سنيكا
"Philosophia unde dicta sit, apparet; ipso enim nomine fatetur, quidam et sapiatiam ita quidem finierunt."

وقد كانت الكتابة باللاتينية بدون علامات ترقيم ، فكانت الحروف توضع إلى جوار بعضها البعض دون تمييز بفواصل بين الكلمات فيكون حرف تلو حرف تلو حرف إلى النهاية ، وتقطيع الحروف إلى كلمات يتم عن طريق القارىء لا فى النص المكتوب ، فلم يكن يوجد بالأولى لا شولة ولا شولة ونقطة ... إلى آخر علامات الترقيم . فرقم هذا النص أولا على هذا النحو ولكن تبين له أن القسم الثانى لم يكن له أى معنى ، فرأى مدفج أنه لا بد أن يكون هنا خطأ فى تقطيع الكلمات ، فقطع القسم الأخير هكذا: **quind amet sapientiam. etc** فبهذا تم إصلاح نص سنيكا وأصبح مفهوماً .

ومن الأمثلة على هذا ما يرد كثيراً فى بعض التراجم العربية عن اليونانية ومثاله ما ورد فى توقيع مخطوطة بيروت الخاصة بتراجم محمد بن عبد الله بن المقفع لكتب أرسطو المنطقية الأولى فقد ورد التوقيع التالى : «تم كتاب أنولاطيقا وليس بعده من هذه الكتب إلا كتاب أفود الطبيعى ولم يمنعنا من استقرائه إلا ما قدمنا ... » فقد ظن فورلانى Giuseppe Furlani أن كلمة أفود لا بد أن تكون «سمع» أو ما يشبهها ، ولكن هذا ظاهر الخطأ كما بين ذلك كراوس فلا معنى للكلام عن كتاب الطبيعيات وهو بصدد كتاب فى المنطق ، وثانياً لا يمكن إصلاح النص من رسم الكتابة بهذه الطريقة ، وإنما يجب كما فعل كراوس ألا يعد هذا الكلام كلمتين ، بل كلمة واحدة وهى أفود يقطيقى (= البرهان) والأمثلة على هذا كثيرة لا حصر لها فى المخطوطات العربية .

الحالة الثالثة : وإذا كان لدينا أكثر من مخطوطة فإن عملنا سيكون من ناحية ميسراً ومن ناحية أخرى أطول ، فعلينا أولا أن ننظر فى هذه المخطوطات كى نتبين ما ينتسب فيها إلى أصل واحد ، فتعد مجموعة المخطوطات التى تنتسب إلى أصل واحد وكأنها لا قيمة لها إلا كمخطوط واحد . ونستطيع أن نتبين ذلك من وجود نفس الأخطاء فى نفس المواضع ، حينئذ نعرف بالدقة أنه لا بد أن تكون هذه المخطوطات قد كتبت بعضها عن بعض ، فنعدها فرعاً واحداً ينتسب إما إلى الأصل وإما إلى مخطوطة كتبت عن الأصل ، ونستمر فى تصنيف المخطوطات الموجودة على هذا الأساس حتى نستطيع أن نحدد وجود مجاميع مستقلة ليست مأخوذة بعضها عن بعض وإنما أخذت من مصادر مختلفة . وبعد هذا نضع شجرة النسب لهذه المخطوطات مبتدئين من الأصل فى صورة كهذه :



وكلما بعدنا عن المؤلف كثرت أحياناً المخطوطات الفرعية ، وتعددت بالتالى المخطوطات المتوسطة ، فنستطيع أن نعد مخطوطة المؤلف هى الأصل ،

والأصول المستقلة المكونة للأسر المختلفة تعد مخطوطة من الدرجة الأولى ثم يتفرع عن كل مخطوطة من الدرجة الأولى مخطوطات فرعية حددناها كما قلنا عن طريق الاتفاق فى الأخطاء فيما بينها ، وقد تتعدد هذه المخطوطات المأخوذة عن مخطوطات الدرجة الأولى إلى غير نهاية .

ويجب ألاّ نعدّ قدم المخطوطة هو العامل الفاصل فى صحتها ، فقد تكون هناك مخطوطة ذات تاريخ حديث وليكن مثلا سنة ١٩٢٠ ولكنها مأخوذة مباشرة عن مخطوطة من الدرجة الأولى فهذه تفضل بكثير جداً مخطوطة كتبت سنة ١٨٣٠ مثلا لو أن هذه أخذت لا عن مخطوطة من الدرجة الأولى بل عن مخطوطة فرعية عن مخطوطة الدرجة الأولى ، وبالأحرى والأولى عن أية مخطوطة تزداد بعداً عن مخطوطة الدرجة الأولى . فالعبرة إذن لا بتاريخ المخطوطة وإنما بعدد الوسائط الموجودة بين هذه المخطوطة وبين المخطوطة المكتوبة بخط المؤلف .

وبعد وضع شجرة النسب هذه بين المخطوطات ننظر فى القراءات المختلفة التى تقدمها المخطوطات المستقلة ، وهنا يحدونا فى تفضيل قراءة على قراءة أولا القرب من الأصل . فأقرب المخطوطات إلى الأصل ، وهو أقلها فى الوسائط ، تكون هى الأصح على الرغم مما يحدث أحياناً من أن تكون القراءة التى بها أقل وضوحا من القراءة الموجودة فى مخطوطة أخرى . وثانياً إذا تساوت المخطوطات تقريباً فى الدرجة وكانت مستقلة ، فضلنا القراءة الأعم أى حددنا القراءة التى نختارها وفقاً للأغلبية . وإذا لم نستطع هذا ولا ذاك ، بأن ظل النص مع هذا مضطرباً ، فان علينا أن ننظر فى المسألة وكأننا ليس لدينا إلا مخطوطة واحدة ، أى وكأننا فى الحالة الثانية . وحينئذ نقوم بالإصلاح على أساس القواعد والإشارات التى ذكرناها بالنسبة إلى الحالة الثانية ، مع وجود يسر فى هذه الحالة أكبر منه فى الحالة الثانية ، لأن القراءات المختلفة قد تؤدى إلى تسهيل تخمين القراءة الصحيحة . وعن طريق هذا كله نستطيع أن نصل إلى صورة أقرب ما تكون إلى النص الأصلى .

ولكن هذا العمل عمل سلبي خالص ، فقد قدمنا النص كما هو أو كما يرجح أن مؤلفه كتبه ، وعلينا بعد هذا أن نقوم بعمل أكثر إيجابية ، وهو أن نتبين مصدر الوثيقة موضوع الدرس ، وهذا ما يقوم به القسم الثانى من النقد الخارجى وهو نقد المصــدر . ويجب أن نلاحظ أخيراً أن تصحيح النص له خطر ضخم ، فكثير من الأخطاء ، سواء من الناحية التاريخية والمذهبية ، لم يكن له من مصدر إلا خطأ فى النسخ . وكثيراً ما أثارت هذه الأخطاء فى النسخ أو عدم إمكان القراءة الصحيحة للفظ — مالا حصر له من المشاكل. ولعل من أبرز هذه المسائل فى الفلسفة الإسلامية مشكلة قراءة « فلسفة مشرقية » وعليها يتوقف حل مسألة خطيرة هى مسألة قيام فلسفة إسلامية أصيلة أو عدم قيامها .

فنقد الإستعادة لا يؤدى إذن إلا إلى استخراج النص كما هو فى أصله دون أن يضيف إليه شيئاً ، مزيلا كل القراءات الفاسدة وكل التصحيفات التى مرّ بها النص ، وكل القراءات التى يمكن أن تــكون دخيــلة أو معدَّلة . فهو إذن لا يضيف شيئاً جديداً مطلقاً إلى النصّ .

٢ — *نقد المصدر* : وليس فى وسعنا أن ننشد حجة قول ما لدى إنسان لم تــكن له صلة بالحادث أو الواقعة التاريخية ، ولا يمــكن أن نتلقى الأخبار اعتباطاً من حيث أنها أخبار دون أن نشير إلى المصدر الذى صــدرت عنه ، ولهذا فلا يكفى أن تــكون لدينا الوثائق صحيحة وكما كتبها واضعها ، وإنما يجب أن يضاف إلى هذا أن نعرف أولاً : ما مصدر الوثيقة ؟ ثانياً : من مؤلفها ؟ ثالثاً : ما تاريخها ؟ ذلك أن الوثائق تختلف فى قيمتها اختلافاً شاسعاً من حيث صحة نسبتها إلى واضعها الأصيل أو إلى من ذكر اسمه كواضع لها ، فنحن نجد كثيراً من الوثائق أو المؤلفات تذكر لنا بصراحة وبكل توكيد وقطع أن مؤلف هذه الوثيقة أو تلك هو فلان أو فلان من الناس . ولــكن يجب ألا نثق مطلقاً

فى أى توكيد مهما كان من قوته ، فكثير من الوثائق قد زيف لعدة اعتبارات ذكرها باست J. Bast بالتفصيل منها مثلا أن يكون الأثر ضئيل القيمة فيمهر بختم فلان من الناس المشهورين لكى ترتفع قيمته ؛ أو قد يكون الأثر عظيم القيمة فيضاف إلى إنسان من أجل تمجيد هذا الإنسان مع أن الأثر لا ينتسب إليه ، وقد يكون قصد صاحب الانتحال أن يبين مذهباً معيناً ، فيضطر إلى أن يكتب كتاباً يبين فيه قوة هذا المذهب أو كيف أن شخصية عظمى هى التى كتبته أو أنتجته ، ومن أجل هذا يزيف كتاباً أو أثراً بأكمله ويعزوه إلى هذه الشخصية العظيمة . فمثلا نجد كثيراً من الكتب التافهة قد نسبت إلى أفلاطون مع أنه ليس مؤلفها ، وذلك لكى ترتفع قيمتها . كما أن ثمة مؤلفات جليلة قد نسبت إلى أفراد إما مغمورين أو مشهورين بدون حق . وأخيراً نجد حالة مثل حالة كتاب « نهج البلاغة » الذى يمثل النوع الثالث وهو المتعلق بالدفاع عن مذهب من المذاهب فيعزى إلى شخصية عظيمة ، تعتبر مؤسسه ، أثر يتبين فيه أن هذه الشخصية العظيمة قد ذهبت حقاً إلى ما تذهب إليه هذه النحلة من رأى . فكتاب « نهج البلاغة » قد قصد به من ناحية إلى تمجيد شخصية الإمام على من حيث رفعة منزلته فى البلاغة والكلام والتفكير الدينى بوجه عام ، ومن ناحية أخرى قد قصد به إلى بيان أن المذاهب التى تقول بها الشيعة هى حقاً تلك التى نادى بها الإمام على .

وتمييز المنتحل والصحيح من المؤلفات عسير كل العسر بالنسبة إلى الأقدمين وأيسر نسبياً بالنسبة إلى المحدثين ، لأن المحدثين قد اعتادوا أن يكتبوا أسماءهم على مؤلفاتهم أو يمهروا لوحاتهم بتوقيعاتهم أو بتعليقات تدل عليهم . وأما الأقدمون فإما أنهم كانوا لا يعنون بذلك ، وإما أن المواضع التى تمهر فيها هذه التوقيعات قد درست وزالت ، أو لعدة أسباب أخرى . ومن هنا كان على المؤرخ ، خصوصاً الباحث فى العصور القديمة ، أن يكون دقيقاً كل الدقة فى

النظر إلى النصوص وأن يبتدىء من هذه المقدمة وهى أن يفترض مقدما أن كل الوثائق مزيفة . وعليه بعد ذلك ألا يأخذ بالوثيقة إلا إذا ثبتت لديه صحتها ، وسيكون حاله حينئذ حال من لا يعرف شيئاً عن المؤلف ، وكأنه لا توجد فى الوثيقة إشارة إلى مؤلفها وعليه أن يبدأ من جديد كى يعرف من عسى أن يكون هذا المؤلف . والقواعد لهذا تسير على النحو التالى :

(١) أولا : يجب أن نقوم بما يسمى التحليل الباطن analyse interne ومعناه أولا أن ننظر فى الوثيقة من حيث الخط الذى كتبت به . فالخطوط تختلف فيما بين العصور بعضها وبعض . فإذا وجدنا وثيقة من القرن الأول أو الثانى للاسلام مكتوبة بخط فارسى أو نسخى عادى ، فيجب أن تعدّ قطعاً منحولة ؛ وإذا وجدنا وثيقة فى القرن الرابع مكتوبة بخط كوفى قديم قد خلا من النقط والإعجام فليس من شك أو على الأقل فمن المرجح جداً أن تكون منحولة .

ثانياً : علينا أن ننظر فى اللغة التى كتبت بها ، فبعض الصور اللغوية وألوان من الخصائص النحوية ، وأنواع من العبارات والمجازات ومنحنيات التعبير لا توجد إلا فى عصر دون عصر آخر . فبعض الخصائص اللغوية تميز عصراً من عصر ، وبالتالى نستطيع بواسطتها أن نحدد عصر الوثيقة التى كتبت بهذه اللغة . فمثلا يمكن أن نستخدم هذا المنهج خصوصاً فى نقد الشعر الجاهلى على الرغم مما به من خطر ، ونقول إن فيه خطراً هائلا أولا : لأن المقياس الذى يتخذ عادة فى هذه الحالة هو الجزالة وحوشية اللفظ باعتبار أن هذا هو الذى يتناسب مع الجاهلية ، خصوصاً وأن هذه الكلمة : « جاهلية » توحى بهذا المعنى لدى هؤلاء المؤرخين السطحيين ، فيظن أن كل أثر شعرى يتسم بالرقة ونصاعة اللفظ وسهولة التعبير لا بد أن يكون منتحلا . ولكن هذا المنهج خطر كل الخطورة أولا لأنه ليس بصحيح مطلقاً أن الشعر الجاهلى كان كله جزلا ، وإنما اختلفت طبيعة الشعر جزالة ورقة باختلاف بيئات الشعراء ، فشعر عدى بن زيد وشعر عبيد بن الأبرص يتسم

برقة لا نكاد نظفر بها حتى فى العصر العباسى فى بعض الأحيان ، فلا يدل هذا مطلقاً على أنها منحولة . وعلى العكس من ذلك نجد فى العصر الأموى ، بل حتى فى عصرنا الحاضر ، شعراً يمتاز بالجزالة التامة مثل شعر ذى الرمة أو شعر الشيخ عبد المطلب . فهذه الجزالة لا تدل مطلقاً على أنها من العصر الجاهلى . إنها تمتاز بالجزالة التامة ، ولكنها لا تنتسب — كما هو واضح — إلى العصر الجاهلى .

ولكن الخطأ ليس هنا فى المنهج وإنما فى استخدام مقياس معين لتطبيق المنهج . إنما الذى يجب أن نعتبره فى هذه الحالة هو طبيعة التراكيب الخاصة وبعض الخصائص المتعلقة باستعمال حروف الجر أو طريقة المجاز أو طريقة تركيب المسند والمسند إليه واستعمال الأفعال ، فهذه الخصائص الدقيقة الجزئية هى فعلا التى تضع أصابعنا على حقيقة العصر الذى كتبت فيه ، خصوصاً إذا لاحظنا من ناحية أخرى أن المنتحلين قد تنبهوا إلى هذه المسألة ، فكانوا أمكر من أن يكتشف انتحالهم بسهولة ، فاضطروا إلى تزييف لغة الأصل ، كما نجد مثلا فى الأشعار المنتحلة التى اختلقها خلف الأحمر وأكثر الأشعار المنسوبة إلى الهذليين . لقد تفنن هؤلاء الرواة الذين رووا هذه الأشعار فى استعارة لغة الأصل ، فأغربوا ما شاءوا الإغراب ، كى يعفوا على كل أثر لاتهامهم بالانتحال . فعلينا إذن أن نكون دقيقين كل الدقة ، حذرين كل الحذر فى استخدام هذا المنهج .

وثالثاً : علينا أن ننظر فى الوقائع التى ترد فى الوثيقة من حيث إمكان حدوثها فى الزمان المنسوبة إليه ، أو فى المكان الذى تزعم الوثيقة أنها جرت فيه ، وأن ننظر فيما عسى أن تكون هناك من إشارات إلى هذه الوقائع فى كتب المعاصرين فعن طريق معرفة هذه الإشارات نستطيع أن نتبين ، إلى حد ما ، العصر الذى تنتسب إليه الوثيقة .

(ب) لا تكفى الاعتبارات السالفة لتحديد دقيق لمؤلف الوثيقة أو الأثر

أو الـكتاب ... الخ . ولهذا يمكن أن نؤكد النتائج التى نصل إليها عن طريق الخطوة السالفة ، بواسطة ما عسى أن يوجد لدى المؤلفين الآخرين ، من اقتباسات من هذه الوثيقة ، بشرط أن يكون هؤلاء المؤلفون المقتبسون معاصرين أو شبه معاصرين ، وأن يذكر صراحة اسم مؤلف الوثيقة ، مما يرجح لدينا أنه إذا كان ثمة انتحال فإن هذا الانتحال لم يتم إلا متأخراً ، أو أنه لم يتم انتحال إطلاقاً . ومع هذا ، فهذا أيضاً محفوف بكثير من المزالق الخطرة ، وعلينا فى هذا المنهج الشائك أن نـكون حذرين قدر المستطاع ، خصوصاً وأن كثيراً من المؤلفين وبخاصة الخصوم ، يلجأون إلى تزييف الأقوال ونحلتها إلى أفراد لم يقولوا بها إطلاقا . وهذا يظهر خصوصاً فيما تقوله ابن الراوندى على الجاحظ من أقوال لم يقل بها مطلقاً هو وأغلبية المعتزلة ، وهو ما كشف عنه بكل وضوح الحسين بن الخياط فى كتابه « الانتصار » ، ونعت ابن الراوندى بأنه قرف الجاحظ بأقوال لم يقل بها هو ، ولا توجد فى كتبه .

(ج) من بين أنواع التزييف نوع خطير ، وإن كان أقل خطورة من التزييف الـكامل ، وهو الحشو والإكمال interpolation & continuation : أما الحشو فهو أن تولج فى داخل النص أقوالا لم يقل بها المؤلف ، أو تزيد بعض الشروح أو الزيادات الدخيلة فى العبارة إما للايضاح أو لأن النص قد استغلق فهمه على الناسخ الجاهل أو القارىء غير العالم ، وهـذا ظاهر خصوصاً مثلا فى كتاب « الرسالة » للشافعى ، فنجد فى النسخ المتعددة أنها قد احتوت على كثير من القراءات التى كتبها نساخ جهلة أو قراء أشد جهلا ، ظنوا أن فى الـكلم تحريفاً أو خطأ ، فاستبدلوا به غيره ، وخصوصاً أن الشافعى كان يستخدم تعابير فى غاية من الرصانة و الجزالة ومتانة السبك ، مما يدل على عربيته الأصيلة فى الـكتـابة . ولـكن هؤلاء القراء أو المحشين الجهلة ، كتبوا بدلا من بعض

الألفاظ ألفاظاً أخرى بدت لهم أيسر، واستبدلوا ببعض التعبيرات، أخرى غيرها أنسب لعصرهم. ومهمة الناشر الناقد أن يستخرج القراءة الصحيحة التى أملاها الشافعى على تلميذه الربيع بالنسبة إلى هذه « الرسالة ».

أما الإكمال فكثير الحدوث خصوصاً عند رجال العصر الوسطى. فأكثر تواريخ العصور الوسطى المسيحية قد أكملت قرناً بعد قرن بوساطة مؤلفين لم يذكروا أسماءهم، فاختلطت بمؤلفى الكتب الأصليين فأصبحنا فى حيرة من أمر ما عسى أن ينتسب حقاً إلى المؤلف الأصلى، وما عسى أن يكون قد ألحقه مؤلفون متأخرون، وإن كنا نستطيع إلى حد ما أن نقوم بتمييز هذه المسألة بسهولة بمعرفة تاريخ حياة من ينسب إليه المؤلف صراحة، فمن المعلوم قطعاً أن ما حدث بعد وفاته لا ينتسب إليه. كما نجد هذا مثلا فى الكتب الأدبية العربية، وخصوصاً كتاب « المفضليات »: فهذا الكتاب قد اختلط بكتاب « الأصمعيات » ثم أضيفت إليه زيادات عدة، فأصبحنا لا ندرى ما الذى اختاره المفضل الضبى وما يجب أن ينسب اختياره إلى الأصمعى، وما يجب أن ينسب إلى رواة آخرين. فالأصمعيات لم تنفصل عن المفضليات بل دخل بعضها فى بعض، وأصبحا كتاباً واحداً يحتوى جملة اختيارات بعضها لإبراهيم بن عبد الله ابن حسن « ثم من بعده المفضل، ثم من بعده للأصمعى، وهذا عمود الكتاب بنى عليه، وهو جمهرته وأكثره، ثم من بعدهم لغيرهم ممن عرفنا وممن لم نعرف، نسبت كلها للمفضل والأصمعى، أو نسب أكثرها للمفضل وأقلها للأصمعى ... وهذا الاضطراب قديم جداً حتى إن بعض العلماء المتقدمين لم يستطيعوا أن يجزموا فى بعض القصائد فينسبوها لاختيار واحد بعينه، كما يروى أبو الفرج الأصفهانى فى الأغانى (ج ٣ ص ٨٠) بشأن قصيدة الخادرة، وهى « المفضلية » رقم ٨ عن

أبى عبيد معمر بن المثنى... الخ » (من مقدمة أحمد شاكر لنشرة « المفضليات » ص ١٧ ، القاهرة سنة ١٣٦١ هـ) .

فمثل هذه الإشكالات لا يتيسر معرفتها بسهولة وعلينا أن نحدد بالدقة أصلها .

(د) وعلينا بعد هذا كله أن نعرف المصادر التى صدرت عنها الوثائق أو التى استلهمها أو استعان بها مؤلفو الوثائق التى بين أيدينا ، فحينئذ نستطيع أن نحدد بالدقة الحادثة التاريخية من حيث مصدرها . ذلك أنه من غير الممكن أن يتفق كل الاتفاق شاهداً حادث معين على رواية على نحو واحد بل لا بد أن يختلفا ولو شيئاً ، فإذا وجدنا أن الوثائق تتفق تمام الاتفاق فى ما ورد فى رواية ما بدقة ، فعلينا أن نحسب أنه قد حدث هنا نقل أو سرقة كما يقال فى الكتب العربية . ومن اليسير علينا أن نتميز أنواع التحايلات التى يلجأ إليها الناقلون لكى يعفوا على آثار اتهامهم بالنقل أو السرقة : من تغيير ضئيل فى بعض التعبيرات أو تعديل فى التعبيرات ، مما يدل على جهلهم أو عدم فهمهم للحادثة ، كما يحدث عادة بين الطلاب حينما ينقل بعضهم من بعض .

وبعد هذا كله وبعد تحديد المصادر المختلفة نستطيع أن نصل إلى بيان حقيقى للمصدر الذى صدرت عنه الوثيقة .

ومن هذا كله يتبين أن نقد المصدر خطوة تمهيدية لا بد من القيام بها حتى نستطيع الوصول أولا إلى النص الحقيقى ، أعنى ذلك الذى وضعه مؤلفه ، وثانياً لكى نتبين المصدر الذى صدرت عنه الوثيقة . فبهاتين الخطوتين نستطيع أن نصل إلى تحديد الوثيقة من حيث الصحة ومن حيث النسبة .

ولكن يجب ألا نعتبر أننا بهذا قد قمنا بعملية النقد الحقيقى . فأغلب المختصين فى الدراسات الفيلولوجية يتوهمون أننا بمجرد القيام بهاتين العمليتين قد انتهينا

من تحديد المنهج التاريخى ، مع أننا فى الواقع قد قمنا بعملية تمهيدية هى فى ذاتها وسيلة لخطوة أعلى منها هى النقد الحقيقى أو النقد الباطن . ولهذا يجب أن تقوَّم على هذا الاعتبار ، فتعد مجرد وسيلة فحسب .

وهنا يمكن أن نثير هذه المسألة التى تثار عادة حول نصيب الفيلولوجى فى تكوين المنهج التاريخى . فقد رأينا أولا أنه لا بد من الاعتماد على الوثائق ، والوثائق يجب أن تكون صحيحة محددة النسبة تماماً ، وتلك هى الخطوة التى يقوم بها الفيلولوجى أو العالم المحصل érudit ، غير أنه يجب أن يضاف إلى هذه الخطوة خطوة أخرى هى الخطوة الحقيقية ، وهى تلك التى يقوم بها العالم المؤرخ الحقيقى ، وهى أن يركب ، من الوثائق المتخلفة من عصر أو حادث ، صوراً صادقة أقرب ما تكون إلى ما كانت عليه الوقائع التاريخية تماماً . والخصومة ، خصوصاً فى القرن الماضى وأوائل هذا القرن — بين العلماء المحصلين والمؤرخين كانت عنيفة كل العنف ، فكل فريق يسخر من الفريق الآخر : فريق المحصلين يسخر من فريق المؤرخين باعتبار أن هذا الفريق الأخير لا يعتمد على الوثائق ، ويبنى تركيباته على غير عمد وبالتالى فهى تركيبات أكثرها خيالية ، مع أن أى بحث تاريخى لا يقوم منذ البدء على الوثائق ولا يعتمد عليها فى كل خطوة يخطوها ، هو عمل باطل . فضلا عن أن عدم امتحان صحة الوثائق كثيراً ما أدى فى أحيان كثيرة إلى تصويرات تاريخية زائفة كل الزيف ، فلو اعتبرنا أرسطو مثلا هو المؤلف الحقيقى لكتاب أثولوجيا ، وأقمنا على هذا الأساس تصويرنا لمذهب أرسطو ، لكان هذا المذهب مختلفاً كل الاختلاف عما كان عليه فى الواقع التاريخى . فضلا عن أن كثيراً من الأخطاء الناشئة عن التحريف والتصحيف فى النص قد أدت إلى تصورات وهمية فى غاية من الشناعة . ومن هنا فيجب أن يعتمد كل مركب للحقيقة التاريخية على أساس الوثائق والوثائق وحدها . وبالعكس من ذلك

نجد هؤلاء المؤرخين يسخرون من أولئك العلماء ذوى العوينات الذين قد جللهم تراب الوثائق والمخطوطات ، والذين لم يستطيعوا أن يخرجوا من هـذه الوثائق إلى تركيبات عامة حقيقية ، بل انحصروا فى متاحف هذه الوثائق ، ولم يستطيعوا إخراج تاريخ مضيء حقيقى فيـه تتركب الواقعة التاريخية تركيباً يعتمد غالباً على ذكاء ووجدان وحاسة تاريخية لا تتوافر لدى هؤلاء المتخصصين المنحصرين فى عالم الوثائق . ومن هنا كان التاريخ فى الواقع نوعاً من الخطابة الزائفة والتصويرات العامة التى لم تؤد إلى تصوير حقيقى للتاريخ . فلما راعت المؤرخين من أصحاب النزعة العلمية هـذه الحالة التى كان عليها البحث التاريخى ، نادوا بالاعتماد على المصادر باستمرار ، وعدم تقديم أى قول إلا إذا استند إلى وثيقة موثوق بها . فقال رينان إن التاريخ يجب أن يقوم على مصادر باستمرار ، وألا تؤكد أية حقيقة إلا إذا اعتمدت على البحث التاريخى القائم على الوثائق ، بصرف النظر عن أية حقيقة قبلية .

وفى وسعنا بعد هـذا أن نكوّن من التاريخ علماً وضعياً بعيداً عن كل التركيبات الخيالية للتاريخ التى كانت تقوم على صور إجمالية سابقة . والواقع أنه من الواجب أن يجمع بين الناحيتين : ذلك أن المنهج الفيلولوجى لا يمكن أن يكون مكتفياً بذاته لأنه وسيلة وإعداد فحسب ، وسيأتى وقت تصبح فيه كل الوثائق التى يمكن أن تجمع عن أى عصر من العصور مجموعة ميسرة منشورة يستطيع كل إنسان أن ينظر فيها ، ولـكن ليس فى وسع كل إنسان أن يستخدمها بالدقة أو أن يصير مؤرخاً من مجرد استيعابه لها ، ولن يكون مجرد نشرها معناه أن التاريخ الخاص بذلك العصر قد اكتشف كله أو اكتشف حقاً ، لأن الوثائق هى علامات متناثرة وليست هى الحقيقة التاريخية . والتاريخ يمتاز بالاتصال ، فلـكى يكون ثمة اتصال وتركيب واقعى لنسيج التاريخ فلا بد من القيام بعملية

أخرى هى فى الواقع عملية التأريخ بالمعنى الحقيقى ، وتلك إذن هى مهمة المؤرخ بالمعنى الضيق الدقيق ، فعلى المؤرخ إذن أن يجمع بين الناحيتين : الناحية الفيلولوجية التحصيلية ، والناحية التركيبية القائمة على الحاسة التاريخية .

وعلى كل حال فإنه وإن لم يتيسر الجمع فى شخص واحد بين هاتين الناحيتين فيجب أن نحاول ذلك قدر المستطاع ، فيكون لدينا من ناحيةٍ علماء محصلون يتوفرون على ناحية الفيلولوجيا والتحصيل وسيكونون كالفعلة فى مصنع التأريخ وليس فى ذلك أى تحقير لعملهم ؛ ومن ناحية أخرى يكون لدينا مؤرخون يعتمدون على هذه الوثائق ويركبون على أساسها التاريخ ، والعمل الأول متواضع ولكنه فى الحقيقة ضرورى جداً ولا غنى عنه أبداً .

ولا داعى بعد هذا للمفاضلة أو للتفاخر بين فريق وفريق . حتى إذا ما انتهينا من جمع الوثائق الصحيحة ومن معرفة أصولها ومصادرها كان علينا أن نخطو خطوة متوسطة بين هذا النقد الخارجى وبين النقد الباطن ، وتلك هى عملية جمع الوثائق لكى يتيسر بعد هذا القيام بعملية النقد الباطن . وهذه العملية شاقة ولكنها مفيدة كل الإفادة ، وإن كانت عملية ناكرة للجميل "ingrat" . فهذه العملية يقوم بها أولا المؤرخ بالنسبة إلى نفسه ، فعليه إن كان يدرس ناحية معينة أن يجمع كل الوثائق المتصلة بهذه الناحية . وهذا الجمع يكون على طرق عدة ، فإما أن يضمها بعضها إلى بعض — إن تيسر له ذلك — فى أصولها ، مرتباً لها وفقاً لما يحلو له ، أو يتفق وطبيعته الخاصة فى العمل . ولكن أشهر الطرق هى هنا طريقة استخدام الجذاذات fiches . فهذه طريقة يسيرة ، وذلك لأن الاعتماد على الكراسات يجعل العمل أكثر مشقة من حيث أنه لا يسمح بضم الأشياء التى من نوع واحد فى منطقة واحدة . أما الجذاذات فلأنها متحركة فيمكن أن

تنتقل من موضع إلى موضع ، لكى يتيسر تماماً استخدامها بطريقة منظمة .

وإلى جانب قيام المؤرخ الخاص بجمع الوثائق المتعلقة بموضوع بحثه الخاص هناك أناس متخصصون فى تيسير هذه العمليه بالنسبة إلى الوثائق الضخمة المتصلة بعصر من العصور أو بنوع معين من الوثائق ، فهؤلاء يقومون بعمليتين : أولا عملية جمع الوثائق كلها فى مكان واحد بأن تضم جميعاً فيما يسمونه بإسم (المحصَّل) corpus وفيه توجد الوثائق كما هى فى نصها الأصيل أو نسخ منها ولكن كما هى فى الأصل تماماً ، دون إيجاز أو اختصار . وثانياً : نقوم إلى جانب هذا بوضع ما يسمونه باسم (السجل) regeste (من الكلمة اللاتينية regere أى يسجل) وفيها نكتب أسماء الوثائق الموجودة بالمحصَّل corpus معطين خلاصة شبه وافية عن محتويات الوثيقة وتاريخها ومن تنسب إليه ، إلى آخر هذه البيانات المفيدة فى تحديد الوثيقة . وتنظيم المحصَّل أو السجل corpus and regeste يتم على اعتبارات أربعة : أولا : التاريخ أى الزمان ، وثانياً : المكان ، وثالثاً : المضمون ورابعاً : الصورة أو الشكل ، وبجمع هذه القرائن الأربع ، نستطيع أن ننظم المحصَّلات أو السجلات بطريقة عقلية . فمن ناحية التاريخ نستطيع أن نرتب الوثائق من ناحية ترتيبها الزمنى ، بحسب العصور . ومن ناحية المكان نجمع كل الوثائق المتصلة بكل بلد بلد أو إقليم إقليم أو كل دولة دولة على حدة ، وهو تقسيم جغرافى ليس بذى فائدة كبيرة فى الواقع ، خصوصاً إذا أجريناه بالنسبة إلى محصَّل واحد ومن الناحية الثالثة نستطيع أن نقسم الوثائق تبعاً لموضوعاتها : فهذه الوثائق تتعلق بالإدارة ، وتلك بالسياسة ، وثالثة أخرى بالقضاء . . . الخ . ومن الناحية الرابعة نقسم الوثائق إلى منشورات وقوانين ولوائح ورقاع وعقود ومراسلات ديبلوماسية . . . الخ . وبعد هذا كله نستطيع أن ننظم فى داخل كل قسم هذه الوثائق : إما على أساس الترتيب الزمنى إن كان ذلك متيسراً — وهو فى الغالب

ليس متيسراً ، لأن أكثر الوثائق ليست بذات تاريخ محدد ، أو مجهولة التاريخ وإما — وهذه الطريقة هى أفيد الطرق — أن نرتبها بطريق الترتيب الأبجدى، وهذا قد يتيسر أحياناً وقد لا يتيسر إطلاقاً ، وإن كان أفيد ترتيب ، فيتيسر مثلا بالنسبة إلى أناشيد الكنيسة اللاتينية بأن نرتبها وفقاً لكلمة الابتداء ، كما يتيسر خصوصاً بالنسبة إلى الحديث النبوى ، بترتيب الحديث وفقاً للحرف الأول من كل حديث .

ومن أنواع المحَصلات والسجلات المشهورة "corpus inscriptionum graecarum" (أى مجموع النقوش اليونانية) corpus inscriptionum latinarum أى (مجموع النقوش اللاتينية) هذا فيما يتصل بالمحَصلات ، وفيما يتصل بالسجلات نجد "regista imperii" أى (سجلات الأباطرة) أو regista pontificorum romanorum أى (السجلات البابوية) .

٢ — النقد الباطن :

والخطوة الحقيقية فى المنهج التاريخى هى عملية النقد الباطن ، ويقصد بهذه العملية بيان ما قصده صاحب الوثيقة من هذه الوثيقة ، ثم معرفة صدقه فى الرواية سواء أكان شاهد عيان أو كان ناقلا عن غيره ، ذلك أن صاحب الوثيقة قد مر بجملة أدوار ، فقد ابتدأ بأن كان شاهد عيان شاهد حادثاً ثم أدركه ثم كتبه . وهذه الكتابة تمر بجملة أدوار : من استخدام ألفاظ ثم استخدام تعابير، ثم طريقة تنظيم الوصف . وكل هذه الحلقات المتتالية من العمليات يمكن أن يقع الخطأ فى إحداها أو فى الأخرى . فعلينا إذن أن نعرف بالدقة أين أخطأ ، وأين أصاب وهل استطاع أن يروى الحادث كما شاهده تماما أو هل لم تكن ثمة دواع إما للتزييف أى الخداع المقصود أو للانخداع أى الخطأ ؛ أو لعدم الدقة فى رواية

الحادث لأسباب إما شخصية ، وإما خارجة عن قدرته . فابتداء من المشاهدة مارين بالتسجيل حتى نصل إلى الصيغة التى لدينا عن الوثيقة ، توجد سلسلة طويلة من العمليات التى قد يخطىء فيها صاحبها . ومهمة النقد الباطن امتحان صحة كل هذه العمليات . ولـكنها عملية شاقة معقدة تحتاج إلى صبر طويل وقدرة على استعادة كل الخطوات الفعلية التى مر بها صاحب الوثيقة حتى سجلها على النحو الذى وصلتنا عليه . ولـكننا نستطيع أن نلخص هذه العمليات فى عمليتين كبيرتين : الأولى : عملية التحليل للنص ، والنقد الايجابى لمعناه ، أى تفسيره . والخطوة الثانية أو العملية الثانية هى عملية النقد السلبى للنزاهة وللدقة . فلنتحدث عن كل منهما بالتفصيل : —

١ — **العملية الأولى : النقد الايجابى للتفسير** critique positive d'interprétation هذه العملية يقصد منها إلى فهم مدلول نص الوثيقة التى نعنى بدراستها فعلينا أن نحدد بالدقة ماذا قصد صاحب الوثيقة منها ، أى أن العملية التى نقوم بها هنا هى فى الواقع عملية تفسير . وتقوم فى البدء على عملية فهم للنص كما هو فى لغته أى أنها فى البدء عملية لغوية ومن هنا سميت الفيلولوجيا أحياناً فى بعض اللغات باسم علم اللغة خصوصاً فى الألمانية : Sprachkunde ؛ وإن كانوا مع ذلك يميزون بين Sprachkunde والـ Philologie . وهذه العملية عسيرة كل العسر ، خصوصاً إذا كانت اللغة قديمة . ذلك أن اللغات كائنات حية ، ومعانى الألفـاظ تتغير بتغير الأزمنة والأمكنة ، والاستعمال فى أحيان كثيرة يكون شخصياً حتى لو عرفنا اللغة بالدقة كما كانت تتحدث فى ذلك العصر . فعلينا إذن أن نعرف اللغة التى كتبت بها الوثيقة ، وأن نعرف ثانياً هذه اللغة كما كانت فى العصر الذى كتبت فيه الوثيقة . فمثلا نجد أن Grégoire de Tours قد كتب تاريخه باللغة اللاتينية ، ولـكن اللغة اللاتينية الكلاسيكية تختلف اختلافا

بيناً عن اللغة اللاتينية فى العصور الوسطى فيلاحظ مثلا أن كلمة vel كان معناها فى اللغة اللاتينية الكلاسيكية (أو) ولكن معناها فى العصور الوسطى (و) . وكذلك الحال فى اللغة العربية فهناك كثير من الألفاظ التى تعددت معانيها باختلاف العصور بحيث يخطىء المرء فى استخدامها ؛ ومنها أن يذكر مؤلف مثلا أن فلان التجأ إلى حائط فيفهم من الحائط معنى الجدار بينما يكون المقصود من الحائط هو البستان . ومن هنا يقع المؤرخ فى أخطاء فاحشة . والأمر كذلك فى الكتب الفلسفية فى كلمة مثل (ها هنا) بمعنى il y a . فعلينا إذن أن نعرف بالدقة المعانى التى كانت تستخدم فيها الألفاظ فى العصر الذى كتبت فيه الوثيقة . وفضلا عن هذا فعلينا أن نعرف الاستعمال الخاص للمؤلف ، فلكل من الشخصيات الخالقة فى الناحية الفكرية معجمها الخاص الذى يتميز عن المعجم العام لعامة الناس ؛ ونستطيع أن نكون هذا المعجم باستخلاص المواضع المختلفة التى استعمل فيها اللفظة الواحدة ، وعلى أساسها تحدد معانى الألفاظ عنده .

فيجب علينا إذن حينما نبحث فى نص وثيقة من الوثائق أن نعرف بالدقة لغة العصر الذى كتبت فيه وأن نعرف اللغة الخاصة بالمؤلف حتى نستطيع أن نفهم الوثيقة على الوجه الأتم . ثم لا يكفى هذا وحده ، بل لا بد أيضاً أن نفهم الكلمات وفقاً للسياق . وهذا ما يعرف باسم قاعدة السياق la règle du contexte ومضمونها أنه يجب ألا نفهم عبارة أو كلمة إلا وفقاً للسياق الذى توجد به ، فكثيراً ما تختلف معانى العبارات وبالأحرى معانى الكلمات وفقاً لاختلاف الأماكن التى تستخدم فيها ، وتبعاً لاختلاف الإشارات إلى كل حالة من حالات الاستعمال . ومن الخطأ البين أن نقتبس نصاً لمؤلف قديم ، ونولجه فى نص حديث محاولين بهذا أن نفسر عبارة المؤلف القديم على نحو يتفق وأقوالنا نحن ، فإن فى هذا تزييفاً شنيعاً لفكر المؤلف ، فضلا عما يجر من

مغالطات عديدة ، وهذا أظهر ما يكون خصوصاً فى الأبحاث الدينية والأبحاث ذات الطابع الدفاعى ، فهنا نكتفى أحياناً بإيراد عبارة لمؤلف قديم قد ذكرها فى سياق مختلف تماماً عن السياق الذى نكتب فيه ثم نحاول أن نفسرها بطريقة أخرى تتفق مع ما نقصد إليه ، فنورد مثلا آية قرآنية أو من أى كتاب مقدس آخر ، أو حديثاً نبوياً لتأييد أقوال حديثة لا تمت فى الواقع بأية صلة إليها اللهم إلا فى ظاهر اللفظ ، ومع هذا لانجد حرجا فى أن نزعم أن الآية أو الحديث قد قصد إلى ما نقصده هنا.

كما يظهر هذا خصوصاً فى المحاولات الدفاعية المسكينة التى يحاول بها كثير من الناس أن يشيدوا بمجد قديم أو بتراث حضارى معين ، فيحاولوا أن يقتبسوا عبارات واردة فى كتب قديمة فلسفية أو دينية أو علمية وفقاً للبحث ، زاعمين أن هذه العبارة تتفق مع ما يقول به هذا الفيلسوف المعاصر أو المحدث أو هذا الاقتصادى أو هذا المذهب السياسى .. إلخ وفى هذا فى الواقع خيانة علمية إلى أقصى درجة ، وعلينا أن نتجنبها دائماً ، وألا نفسر النص إلا وفقاً للموضع الذى وجد به ، وألا نحاول أن نتقول عليه مالا يمكن أن يكون قد فكر صاحبه فى القول به ، فضلا عن أن يكون قد قصد إليه عن قرب .

بهذا إذن نستطيع أن نحدد ما يسمى باسم المعنى الحرفى أى المعنى بحسب ظاهر النص . غير أن هذا لا يدل بعد على أن هذا هو مايتم فى كل الأحوال ، فكثيراً مايكون ظاهر النص غير معبر حقاً عما رمى إليه المؤلف بالفعل . والدواعى إلى هذا عديدة ، فأحياناً يكون المؤلف قد عبر عن قول من الأقوال من باب السخرية منه والتهكم عليه ، أو قاله من باب الهزل لا من باب الجد ، أو حاول به التعمية عن قصده وصرف النظر السطحى عما يقصد إليه فى الواقع أو محاولة الإيهام

لأسباب باطنة أو أسباب عملية أو أسباب خارجية تتصل بالظروف التى وجد بها .
وفضلاً عن هذا كله فقد يدعو التحسين اللفظى إلى كثير من الاستعمالات المجازية التى لا تعطى ظاهر المعنى بوضوح : كاستخدام التشبيهات والاستعارات وأنواع المبالغات والمجازات والكنايات مما يؤدى فى أحيان كثيرة إلى أن يتبدى من ظاهر النص غير ما يقصد إليه المؤلف بالفعل . ولهذا يجب علينا ألا نأخذ النصوص بظاهرها ، وذلك أن ننظر أولا فى النص ، فإذا وجدناه غامضاً أو غير محدود أو يختلف مع ما نعرفه من أقوال أخرى للمؤلف ، أو توجد به تلميحات وإشارات تتبدى أحياناً فى شىء من الوضوح ، وغالباً فى اختفاء وإيماء ، فإن علينا أن نعتبر أن النص هنا يجب ألا يؤخذ بحروفه بل علينا أن نفترض معنى خفياً ، قصد إليه المؤلف واضطر إلى إخفائه لأسباب عدة هى التى ذكرناها . ولهذه الطريقة فائدة كبرى فى استخراج كثير من معانى الرموز وتفسير بعض الإشارات الغامضة ، ومن أشهر ما حدث فى هذا الباب تفسير الوحش المذكور فى « رؤيا يوحنا » صاحب الرؤيا بأنه نيرون . كما نجد مثلاً أن الملحدين وأصحاب البدع فى الحضارة الإسلامية مثلاً يستخدمون ألفاظاً مثل الدنيا — الدهر — الزمان ويقصدون منها فى الواقع « الله » ، ولكن لأنهم يريدون أن يصبوا عليها كل اللعنات ويعزوا إليها أسباب المصائب ، فإنهم لا يستطيعون قطعاً أن ينسبوها إلى الله ، فيلبِّسون عن قصد بمثل هذه الألفاظ التى يجب أن تعد معبرة عن قصدهم الحقيقى ، وهذا هو ما نبه إليه فى الحديث المشهور : لا تسبوا الدهر ، فإن الله هو الدهر . وعلى الرغم من هذا التحذير فقد استمر هؤلاء فى سب الدهر .

وبهذا إذن نستطيع أن نحدد المعنى الذى قصد إليه المؤلف تماماً أو على أتم وجه متيسر . وبذا ينتهى دور النقد الباطن الإيجابى للتفسير ، ويبدأ بعد هذا الدور الثانى من أدوار النقد الباطن ، وهو الدور السلبى للنزاهة والدقة .

٢ — النقد الباطن السلبي للنزاهة والدقة Critique interne négative de sincérité et d'exactitude

لا يكفي القيام بعملية النقد الباطن الإيجابي للتفسير ، لأنه إذا أمكن أن نعرف بالدقة ماذا قصد إليه المؤلف حقاً من الوثيقة المكتوبة ، فإن هذا لا يدلنا بعد على قيمة هذه الوثيقة من حيث دلالتها على الحادث الذي تتحدث عنه . فكل ما يقدمه لنا النقد الإيجابي للتفسير هو مقصد المؤلف فحسب . أما كيف شاهد الحادث وهل أصاب في مشاهدته أم لا ، وهل قصد إلى الكذب أم لم يقصد ، وإلى أي مدى نثق بهذه الوثيقة ، وإلى أي حد هي تعبر عن الواقعة — كل هذه مسائل لا بد أن تقوم بها عملية ثانية للنقد الباطن هي عملية النقد الباطن للنزاهة والدقة . فعلينا أن نبحث في صحة مشاهدة مؤلف الوثيقة للحادث ، وهل أصاب في وصفه له ، وهل لم يخطيء في بعض الجزئيات ، وهل لم يكن مخدوعاً عن بعض ما شاهده وهل لم تكن تحدوه دوافع أجنبية من شأنها أن تشوه تصويره للحادث ، وفي كلمة واحدة : إلى أي حد نثق برواية صاحب الوثيقة ؟

والمؤرخون قد اعتادوا هنا قديماً — إلى ما قبل المنهج العلمي للتأريخ — أن يسألوا أنفسهم بعض الأسئلة المتعلقة بالمؤلف من حيث قيمته في الرواية والأسباب الداعية إلى الوثوق به ، وهل كان أميناً حقاً في النقل أو في القص أو في الوصف . فكان منهجهم هنا شكلياً إلى حد ما ، ولكنه كان أفضل كثيراً من المنهج العامي المبتذل الذي يأخذ الوثائق كما هي دون أدنى تمحيص ولا بحث . ومن هنا كانوا يزعمون أنهم أسمى بكثير من المؤرخين أو القصاصين الذين يروون الأحداث كما أتت بها الوثائق أو كما تناقلها الناس على هيئة حكايات وأساطير . فحقاً هذه مرتبة دنيا للبحث ، إن صح أن تسمى بعد باسم البحث ، لأنها مخالفة لكل منهج ، ذلك أن أسباب الشك في صحة وأمانة الروايات تكاد

تتخطى كل حصر ، ولا يمكن مطلقاً أن نثق بأية رواية من مجرد أنها رواية ، بل لا بد لنا دائماً أن نبدأ بالشك فى صحة أية رواية . غير أن هذه النظرة النقدية بعض الشىء لم تبلغ بعد مرتبة المنهج العلمى الصحيح؛ ذلك أن هذه هى المرتبة التى تسير على مبدأ الشك المنهجى فتعتبر ابتداءً أن كل الوثائق مزيفة ، وعلى المؤرخ أن يبدأ بإثبات صحتها ، وأن يفترض الخيانة فى كل راو روى أى حادث ، وعليه بعد أن يتحقق من أمانته . فالأصل أن كل صاحب وثيقة متهم بالخيانة والتزييف والخطأ وعدم النزاهة ، ويمكنا أن نبدأ بحثنا إما بتأييد هذا الحكم السابق ، أو بإثبات براءته . وبهذا الشك الحاسم المتناول لكل شىء ، نستطيع أن نقيم فعلا منهجاً علمياً لدراسة التاريخ . وهنا يجب أن نتبع قاعدتين :

(أ) القاعدة الأولى هى أنه يجب ألا نثق فى رواية لمجرد أن صاحبها شاهد عيان . فشهادة العيان ليست بصحيحة دائماً لأن صاحبها قد يخطىء — كما سنرى بعد قليل ، وقد يكون عرضة لكثير من الأوهام . حقاً إن شهادة العيان أسمى بكثير — ابتداءً أو نظرياً — من شهادة غير المباشر ، ولكن يجب ألا تؤخذ كأنها رواية صادقة من مجرد كونها رواية عيان .

(ب) يجب ألا نأخذ الوثيقة ككل ، بل علينا أن نحللها إلى آخر ما يمكن أن تنحل إليه من أجزاء وأن نبحث فى قيمة كل جزء من هذه الأجزاء وصحة دلالته على الوقائع الواردة بها .

والبحث بعد هذا يتشعب إلى شعبتين :أولا : شعبة تتعلق بالأخبار الآتية من شهادة عيان ، أو المشاهدة المباشرة — وثانياً الأخبار الواردة بطريق غير مباشر .

١ — روايات شهادة العيان أو الروايات المباشرة :

قلنا إن الروايات المباشرة لا تدلنا حقاً من مجرد كونها مباشرة على صحة

الوثيقة ، بل علينا أن ننظر فى الأحوال التى وضعت فيها الوثيقة ، والظروف التى أحاطت بالمؤلف ، سواء أكانت هذه الظروف والأحوال خارجية عامة ، أم كانت ظروفاً شخصية متصلة بالمؤلف نفسه . فعلينا بادىء ذى بدىء أن نبحث فى الأحوال العامة للوثيقة التى نحن بصدد دراستها ، فنجمع أوفر قسط من المعلومات عن المؤلف وعن أمانته وعن ثقة الناس به وعن العصر الذى كتب فيه وعن الوثائق المشابهة التى روت نفس الحادث ، وعن الوقت الذى وجد به . حتى إذا ما استطعنا أن نجمع كل هذه المعلومات كان علينا لخطوة ثانية — هى خطوة البحث فى أمانته — أن نضع لأنفسنا طائفة من الأسئلة الموضوعة سابقاً تقريباً ، لأنها أسئلة عامة وإن كانت تنطبق فى الواقع على كل حالة فردية مع بعض التعديل بما يوافق الحالة الخاصة . وهذه الأسئلة تدور حول بابين : الباب الأول هو باب النزاهة ، والثانى باب الدقة .

فالنزاهة تتعلق بأمانة المؤلف فى رواية الحادث أو نقله ، وتدور كل الأسئلة فى هذه الحالة حول إمكان أن يكون المؤلف قد كذب فى روايته أو نقله . والأسباب الداعية إلى الكذب عديدة : أشهرها أولا أن يكون المؤلف قد قصد إلى التزييف لحاجة عملية كأن يستفيد مادياً من هذا التزييف ، أو أن يكون ملحقاً بحاشية ملك أو أمير فيضطر إلى تزييف الأخبار والوثائق لصالح الأمير الذى يوجد فى بطانته ، وهو أظهر مايكون فى التواريخ التى تكتب إبان الحملات ، مثل أخبار فرواسار Froissart . ثانياً أن يكون المؤلف قد وجد فى وضع اضطره إلى هذا التزييف . ثالثاً أن يكون المؤلف مدفوعاً بدافع البغضاء والكراهية لجماعة من الجماعات : دينية أو وطنية أو اجتماعية ، أو بدافع الاختلاف فى الرأى مع مبدأ من المبادىء أو حزب من الأحزاب ، فيميل دائماً فى هذه الحالة إلى تمجيد مبادئه هو أو مبادىء حزبه أو مبادىء الشيعة التى ينتسب إليها ، والحط من قيمة الخصوم

وتزييف أقوالهم والتقول عليهم بأشياء لم يقولوها إطلاقاً ، وإنما قصد بها كذباً التشهير بهم ، فيزيف عليهم أقوالا لم يقولوها ، ويدخل فى هذا أحياناً بعض الإلزامات التى تفرض على بعض المذاهب . رابعاً : أن يكون المؤلف قد قصد — لغاية شخصية معينة — أن يضع من قدر شخص من الأشخاص أو حادثة من الحوادث فيميل إلى الكذب فى الرواية ؛ ولهذا لا يمكن أن يقال إنه نزيه فى روايته .

أما الدقة فتتصل بالخداع ، أو الخطأ . ومعناها أن يكون صاحب الوثيقة فريسة لوهم من الأوهام فيظن أنه رأى الحادث على هذا النحو ويؤكد هذا مع أن الحادث كان على نحو آخر ، ولكن حالت دون رؤيته على النحو الصحيح موانع ، أشهرها : أولا : أن يكون الشخص فى وضع يشاهد فيه الحادث فعلا ويعاينه ويباشره دون أن يكون ثمة مانع قسرى ، ولكنه لا يراه على حقيقته لوجود معان سابقة فى ذهنه . وهذا يشاهد كثيراً فى الروايات العيانية عن حادث واحد ، فنحن نرى أنه لو شاهد عشرون شخصاً حادثاً من الأحداث ، وليكن سياسياً ، لرووه بروايات متعددة ، تكاد أن تتناقض فى أكثر الأحيان ، وذلك وفقاً لطبيعة الملاحظ من حيث تأثره بالحادث ومن حيث المعانى السابقة الموجودة فى ذهنه ، وبالجملة وفقاً للمعادلة الشخصية التى عنده بالنسبة إلى هذا الحادث .

ثانياً : أن يضطر الراوى إلى رواية الحادث على نحو معين خاص لا يستطيع أن يرى الأشياء فيه إلا على هذا النحو ، كما يحدث غالباً فى مشاهدة الزائرين لبلد من البلدان فإن الحكومات تلجأ دائماً إلى تنظيم الرحلة بطريقة من شأنها أن تبعد هذا الزائر عن مشاهدة كل ما لا تود هى أن يراه ، فيكون فى هذه الحالة مضطراً بحكم ظروفه إلى ألا يرى غير ما رأى .

ثالثاً : أن تكون الوقائع مُعقَّدة ومتشابكة أو موجودة فى أمكنة متعددة، أو تحتاج إلى معونة الكثيرين من المخبرين أو العيون والأرصاد ، فتكون روايتهم فى هذه الحالة مشوبة بالكثير من النقص لأنه لم يستطع أن يشاهد الحادث. كله جملة : فهذا كله يتنافى مع الدقة التى يجب أن يحرص عليها فى الرواية ، فيضطر فى هذه الأحوال إلى أن يورد الرواية على نحو غير دقيق . فالفارق بين النزاهة وبين الدقة إذن هو أنه فى عدم النزاهة يُفترض سوء النية ، وفى عدم الدقة يفترض حسن النية ويأتى الخطأ عن وهم أو استحالة مادية .

ويمكن أن نضيف بعض العوامل العامة إلى عدم النزاهة مثل أن يكون المؤلف قد تأثر بنزعات استرضاء معاصريه تملقاً لذوق الجمهور أو استرضاء للعواطف الشعبية فيضطر أحياناً إلى أن يعرض الحقائق على نحو مخالف لما كانت عليه فى الواقع ، وهو هنا إما أن يكون قد قصد إلى هذا قصداً أو يكون قد دُفع إليه بطريقة لا شعورية ؛ وأياً ما كان الأمر فهذا يتنافى مع ما يجب من نزاهة ومن دقة .

٢ — الرواية غير المباشرة :

كل هذا إذا كان مؤلف الوثيقة قد عاين الحادث مباشرة وجاءتنا روايته مباشرة . أما إذا لم يكن قد عاين الحوادث ، بل كانت روايته عن آخر عاينه أو قد ضم أخباراً متفرقة عن مخبرين متنوعين ، ضمها جميعاً لتكوين أخبار عن حادث معين ، فإنه فى هذا أيضاً يكون قد قدم لنا وثائق غير مباشرة . وأكثر المؤرخين انما يسيرون على هذا الأساس الثانى : فقليل من المؤرخين هم الذين شاهدوا الأحداث التاريخية ، وقليل من المؤرخين هم الذين استطاعوا حتى أن يبلغوا مرتبة واحدة فيما بين الحادث الأصلى وبينهم هم أنفسهم . وحتى قائد المعركة الذى يكتب مذكرات عن معركته التى انتصر فيها ، قد اعتمد

هو الآخر على تقريرات جاءته من صغار الضباط من قواد الوحدات المختلفة المكونة لجيشه ، لأنه ليس فى وسعه مطلقاً أن يشاهد الوحدات كلها كما هى .

وهنا يتعين علينا أن نلجأ إلى طريقة أخرى غير الطريقة التى امتحنا بها الدقة والنزاهة بالنسبة إلى الوثائق المباشرة ، وأهم ما فى هذه الطريقة أولا أن نحاول قدر المستطاع أن نتسلسل فيما بين الرواة المتوسطين حتى نصل إلى الراوى الأصلى الذى يكون قد عاين الحادث ؛ فإذا استطعنا بلوغه تمكنا حينئذ من أن نحدد الرواية من حيث قيمتها الحقيقية على وجه التقريب ، كما هى الحال تماماً إذا كانت الوثيقة مباشرة : فننظر فى هذا الراوى الأصلى من حيث أمانته ودقته والظروف التى وجد بها كما فعلنا تماماً فى الحالة السابقة . ولكن معرفة ذلك عسيرة كل العسر وتبلغ فى أكثر الأحيان درجة الاستحالة ، ولا نكاد أن نجد لهذا شبيهاً إلا فى حالة الأحاديث النبوية فهى وحدها تقريباً فى كل الأخبار العالمية تلك التى وردت مقرونة برواتها رواية عن راو حتى نصل إلى الشاهد الحقيقى فى عهد الرسول . والمهمة تنحصر حينئذ فى أمرين : الأول أن نمتحن الرواة المكونين للسلسلة الطويلة واحداً واحداً من حيث أمانته فى الرواية من جهة ، وثانياً من حيث دقته فى الرواية . فالأمانة تكفل لنا أن يكون الحديث صحيحاً وليس مكذوباً أو مختلقا على الرسول ، والدقة تكفل لنا أن يكون نص الحديث هو بعينه كما قاله النبى . هذا فيما يتصل بالحديث لا بالأثر ، أما الآثار فلا يشترط فيها الصياغة لأنها ليست أقوالا وإنما هى أفعال النبى . وعلينا بعد هذا — إذا ما استوثقنا من أمانة الرواة ، واستبعدنا كل تجريح لشهاداتهم وبلغنا إلى الراوى الأصلى الصحابى — أن نمتحن هذا الصحابى من حيث أمانته فى النقل أو دقته فى القول . ومع هذا فنحن بإزاء هذه المسائل فى حيرة هائلة ، ذلك لأنه من السهل على كل إنسان أن يرسم سلسلة طويلة موثوقاً بأفرادها من الرواة ، ويزعم أن هذا الحديث أو ذاك

مروى عن فلان عن فلان إلى آخر العنعنة الطويلة حتى تصل إلى الصحابى مع أن الحديث مختلق منذ البدء . والصعوبة أكبر فى امتحان شهادة كل الرواة المتوسطين : فبعض التابعين لم يتورع مطلقا عن الكذب ، فرجل مثل عكرمة فى روايته عن ابن العباس قد زيف الكثير من الأحاديث ، مع أنه يعتبر تابعا إذ روى عن صحابى . وكثيراً ما نجد حشداً هائلا من الأحاديث منسوباً إلى أبى هريرة ، وما كان هو فى الواقع غير تُكأة لكل من يحاول أن يزيف حديثاً .

غير أن هذه المسألة أعنى تسلسل الرواة لم يتحقق بوضوح ، مع ما فى هذا من تحفظات ، إلا بالنسبة إلى السنة النبوية ، وفيما عدا هذا لا نكاد أن نعرف الراوى الأصلى الذى نقل عنه المؤرخ ، أى المعاين الحقيقى للحادث . وأكثر ما لدينا من مصادر مجهول الاسم ، لأن كل المؤرخين قد اعتمدوا على أشخاص قد يكونون بدورهم رواة عن رواة ، وعلى كل حال فلم يذكر لنا هؤلاء المؤرخون من هم هؤلاء الرواة الذين أخذوا عنهم .

يجب علينا حينئذ أن ننظر فى هذه المصادر المختلفة التى اعتمد عليها المؤرخون ، لكى نتبين هل هناك صفات مشتركة فى مختلف الروايات التى يأتى بها المؤرخ عن حوادث معينة ؛ وحينئذ نستطيع أن نحدد على وجه التقريب مصدراً عاماً لروايته ، فهيرودوتس مثلا نرى من رواياته أن أكثرها مطبوع إما بطابع أثينى أو دلفى ، فنعرف حينئذ أن الأخبار التى يوردها يجب أن تكون مطبوعة بنظرة الأثينيين والدلفيين إلى الأحداث التى يرويها . فوصف هيرودوتس للأشقوزيين Scythes يحتوى على أخبار كلها من مصدر أثينى ولذلك كانت أخباراً متهمة لأن الأثينيين كانوا أعداء للأشقوزيين . وكذلك الحال إذا رأينا كتاب تاريخ شيعى فإننا نجد أن الروايات الواردة به أكثر مصادرها شيعىٌّ مما يجعلنا نتحفظ فى تصديقها فيما يتصل بالخصوم وفيما يتصل بالشيعة أنفسهم .

وهنا عامل حاسم مهم يجب أن نهتم به فى الدراسات التاريخية هو ما يسمونه عامل النقل tradition ، والنقل إما أن يكون شفاهاً أو كتابياً ، فإن كان كتابياً كان موثوقاً به بدرجة أكبر ، أما النقل شفاهاً فأعسر ، لأنه من الصعب جداً أن ينقل شىء شفاهاً بدقة ، اللهم إلا فى بعض أحوال قليلة مثل الأمثال والشعر ، فهنا يمكن الاعتماد على النقل الشفوى . أما فيما عدا هذا فإن التاريخ أو الروايات الحقيقية ستستحيل فى هذه الحالة إما الى أساطير أو الى حكايات . أما الأسطورة légende فهى الروايات الشفوية التى تتناقلها الشعوب غير المتحضرة وفيها مستودع معلوماتهم عن الحوادث ، وتكاد أن تكون فى أحيان كثيرة المصدر الوحيد لمعرفتنا عن شعب من الشعوب فى عصر من العصور . أما الحكاية anecdote فهى الصورة الباقية من الأسطورة لدى الشعوب المتحضرة ، وهى تلك الروايات التى لا تكتب لأنها مسائل شخصية أليفة سرية تجنح الكتابة عن تسجيلها فتتناقل شفوياً فيما بين الأفراد وتكون نوعاً من التأريخ الذى كثيراً مايكون صادقا كل الصدق أكثر من التأريخ المكتوب ، وقد يكون معبراً أو دالا فى أحيان كثيرة أكثر مما يدل عليه التأريخ المسجل ، لأن فيها من البساطة وبالتالى من الصدق فى التعبير ، ولأن فيها من الأخبار الأليفة السرية التى قد تكشف عن الأسباب العظمى والنتائج الخطيرة ، أكثر مما تكشف عنه التحليلات التاريخية المنظمة .

ويجب ألا نغتر بالطريقة التى كتبت بها التواريخ ، فكثيراً ما تكون فى الظاهر فى معرض تأريخى علمى ، ولكنها فى الواقع ليست إلا أساطير ، مثل ما نرى فى الكتاب الأول من كتاب الحروب البلوپونيزية لثيوكوديدس Thucydide فهى كلها أساطير عن نشأة الشعوب اليونانية ويجب أن تعامل على هذا الأساس مع أن بقية الكتاب من أحسن الأبحاث التاريخية .

٣ — استعادة الوقائع Reconstruction

وبهذا تنتهى مهمة النقد ، ولكنها مهمة أولية تحضيرية كل ما تقدمه لنا هو الوثائق مبيّنة صحتها ومعلمة كلّها بعلامة تدل على درجة اليقين فيها ، ولكن هذا ليس بعد التأريخ الحق ، أما التأريخ الحقيقى فيبدأ من هذه الوثائق لكى يستعيد الوقائع كما حدثت فى واقع التاريخ وهنا يجب أن نلاحظ أن مهمة المؤرخ فى غاية الصعوبة ذلك لأن الوقائع التاريخية ليست كالوقائع الفزيائية ، فالوقائع الفزيائية حاضرة باستمرار ، يمكن إجراء التجارب عليها أبداً ، وفى درجة واحدة ، ويمكن أن نعزل بعضها من بعض ، أما الوقائع التاريخية فتمتاز بعدة خواص : أولا أن الوثيقة التاريخية ، وهى الشىء الوحيد الباقى من الواقعة التاريخية ، والأساس الباقى الوحيد الذى يقوم عليه التاريخ تأتى دائماً مختلطة بكثير من الوقائع، فلو أخذنا مثلاً وثيقة كوثيقة ميشع Mesha ، وهى نقوش تخلفت لدينا من الموابيين Moabs ، نجــــد أن فيها أولا مسائل خاصة بلغتهم وثانياً بطريقة كتابتهم ، وثالثاً بطقوس عبادتهم لآلهتهم ، ورابعا بحروبهم مع بنى اسرائيل. ولا يمكن بالدقة أن نعزل هذه العناصر بعضها عن بعض حتى يتيسر دراستها دراسة دقيقة ، كما نفعل فى عزلنا للعناصر الكيميائية الداخلة فى تركيب شىء ما . ثانياً : تمتاز الوثائق التاريخية بأنها تأتى لنا على درجة غير متساوية فى العموم ، فبعض الأخبار تتصل بأحوال عامة جداً ، وبعضها الآخر يتعلق بأشياء جزئية لحالة فرد من الناس أو واقعة معينة كأن يكون بروتس قد قتل قيصر ، وعلينا حينئذ أن نرفع هذه الوثائق إلى درجة من العموم واحدة ، حتى يمكن أن تدرس فى مستوى واحد . ثالثاً : الواقعة التــاريخية ، محددة بزمان ومكان معينين ، وإلا لم تكن لها قيمة تاريخية حقيقية ، اللهم إلا كأثر عام من آثار الإنسانية عامة ، وفى هذا نقص هائل لقيمتها التاريخية ، بينما الواقعة العلمية

ليست محددة بزمان ومكان . ومن السهل إذن أن نُغْفل أى اعتبار من هذه الناحية . — وقد رأينا ما هنالك من صعوبة هائلة فى تحديد تاريخ الوثائق ، فهذا مما يجعل مهمة المؤرخ أكبر مشقة جداً من مهمة العالم الفزيائى .

لهذه الخصائص ولخصائص أخرى كثيرة غيرها ، كانت مهمة المؤرخ صعبة كل الصعوبة ، ولهذا كان من الصعب جداً أن يعدّ التاريخ علماً ، خصوصاً إذا لاحظنا أن التاريخ لا يخلف لنا نفسه ، وإنما يخلف لنا تعبيرات وأوصافاً للأحوال التى جرت فيه ، والأوصاف والادراكات كلها تتوقف على أمور نفسية أو ذاتية هى الأحوال الذاتية الخاصة بمؤلف الوثيقة ما عدا أحوالا قليلة هى أحوال الأشياء المادية الدالة على آثار مثل الآثار الكثيرة أو اللوحات فى دلالتها على ما أنتجه الفنان. ومن هنا كان على التاريخ شاء أو لم يشأ أن يكون ذاتياً وأن يتوقف على قدرة ذاتية خالصة للقائم بالبحث التاريخى ، خصوصاً إذا لاحظنا من ناحية أخرى أن الوثائق لا تعطينا صورة سينمائية عن الحادث ، وإنما هى صور متناثرة بينها وبين بعض الكثير من الهوات وأنواع النقص والاختلال وعدم الارتباط . فأى عمل هائل على المؤرخ أن يقوم به من حيث إكمال كل نقص وسد كل ثغرة بين الوثائق المختلفة ! ومن هنا كان التاريخ إلى حد كبير يقوم على الفن وعلى موهبة خاصة عند المؤرخ الذى يستطيع أن يحيا الماضى بكل ما كان عليه وأن يستعيد كل تجاربه فى الماضى ابتداءً من الوثائق ، وابتداء من الوثائق وحدها ، وكأنه حيّها من جديد وتراءت له عياناً .

ذلك أن غاية المؤرخ على حد تعبير رنكه **Ranke** المؤرخ الألمانى العظيم (فى القرن التاسع عشر) هى أن يستعيد الوقائع التاريخية ، كما كانت هى عليه بالفعل فى الماضى ، وكأنه عاينها بنفسه . ومعنى هذا أن يقوم المؤرخ — كما دعا إلى هذا دلتاى — بتجربة حية يحيا فى داخلها الأحداثَ الماضية وكأنه عاينها بنفسه

وجهاً لوجه ، فبهذا — وبهذا وحده — يمكنه أن يؤرخ تأريخاً حقيقياً. وكل هذا إنما يعتمد على قدرة ذاتية ، ولا تجدى الوثائق وحدها نفعاً مهما كان من تعددها ، ولهذا سيظل البحث التاريخي بالضرورة بحثاً ذاتياً.

ولكن يمكن أن نحدد مهمة المؤرخ بعد هذا فى الخطوات التالية : فعليه أولا أن يستخرج من الوثائق كل المعلومات التى تعبر عنها ، سواء أ كانت هذه المعلومات متعلقة بأفراد وأشياء مادية أو كانت متعلقة بأعمال إنسانية أو كانت ثالثا متصلة بدوافع وبواعث على هذه الأفعال . والخطوة الثانية أن يضم هذه المعلومات التى قدمتها الوثائق الجزئية بعضها إلى بعض ، ويصنفها تبعاً لمبدأ تصنيف معين ، والصعوبة كل الصعوبة فى إيجاد مبدأ التصنيف هذا ، بحيث تندرج كل الوقائع المتشابهة تحت فصل بالذات ولا يختلط بعضها ببعض . وثالثاً عليه أن يضعها جمعاء فى إطار عام ، تدخل فيه كل هذه الوقائع قدر المستطاع حتى تتكون صورة واضحة للعصر التاريخي أو للتاريخ العام الذى يبحث فيه . فهذه الصورة الإجمالية أو الإطار العام الذى تدخل فيه الوقائع الجزئية لابد من وجوده فى ذهن المؤرخ ، خصوصاً وأن استعادة التاريخ معناها رد التاريخ حاضراً بالفعل وفقاً لتسلسله الزمنى ، وهذا لن يتم إلا بواسطة هذه الصورة الإجمالية العامة . ورابعاً يجد المؤرخ نفسه هنا بازاء كثير من الثغرات فى داخل هذا الإطار ، وعليه حينئذ أن يملأها ويملأ كل فراغ بين تسلسل سير الأحداث حتى يطرد سير التاريخ ويكون متصل الأجزاء ، وهنا تقوم الموهبة التاريخية الحقيقية وتعتمد فى غالبها على الخيال الذى يستطيع أن يملأ كل هذه الثغرات الفارغة ويعطى مضامين لكل القوالب الجوفاء التى يجدها فى إطاره العام . وهنا المهمة الحقيقية للاسترداد أو إعادة البناء . وخامساً عليه أن يقوم بوضع الصيغ العامة أو الصيغ formules على وجه العموم التى يسجل فيها الحقائق التاريخية واحدة واحدة ، مما يدخل فى هذا

الإطار العام ، حتى تصبح حقائق معقولة قابلة لأن تدون فى صورة تاريخية . فوضع الصيغ خطوة رئيسية جداً فى كتابة البحث التاريخى . وأخيراً تأتى خطوة سادسة هى خطوة العرض ، وهى خطوة عملية أكثر من أن تكون نظرية ، ومهمة المؤرخ فيها أن يعرض الأحداث وفقاً للصيغ التى اختارها ، وأن يرتبها بحيث يمكن أن تنقل إلى الآخرين ، لا أن تكون مقصورة على المؤلف وحده . وهذا العرض يتبع جملة من القواعد العملية التى يحسن بالمؤرخ اتباعها ، ولكن لا نستطيع من الناحية المنهجية أن نفصل القول فيها لأنها ترتبط بالمهمة الجزئية لكل مؤرخ مؤرخ ، خصوصاً إذا لا حظنا أن هذه القواعد العامة التى وضعناها يجب أن تكيف وفقاً للدراسة الخاصة التى يقوم بها المؤرخ .

المنهج فى علم الاجتماع

والمنهج فى علم الاجتماع ينفصل كثيراً عن المنهج فى التاريخ بوجه عام ، مع وجود روابط كثيرة بين الاثنين ، بحيث يندرج منهج الاجتماع فى منهج التاريخ. فوجه التشابه أن الظواهر فى كليهما زمانية فى أغلب الأحيان ، وإن كنا نميل فى الاجتماع إلى سلب الظواهر الاجتماعية صفة الزمانية لكى نجعلها قواعد عامة ، كيما نقرب بين الاجتماع وبين العلوم الوضعية قدر المستطاع . كما أن الاجتماع يدرس على أساس الوثائق المتخلفة لنا عن المنشآت الاجتماعية فى تطورها التاريخى. ولا يجدى هنا إلا منهج المقارنة ، ثم منهج التغيرات المساوقة من بين المناهج الأربعة فى التجريب .

ولكن يجب أن نحدد الظاهرة الاجتماعية بطريقة أدق كما فعل دوركهيم لجعل الظاهرة الاجتماعية تمتاز بصفتين : الأولى أنها مستقلة عن الوعى الفردى وأنه لا يكفى أن يكون قد قام بها كثير من الناس أو أن تكون منتشرة فى بيئة من البيئات لكى تعدّ ظاهرة اجتماعية ، إنما يجب أن تكون ظاهرة خارجة عن كل وعى فردى بحيث يبدو وكأنها تفرض فرضاً على العقول الفردية دون أن يشعروا هم بأنهم الفعلة الحقيقيون كأفراد فى بنيانها بحيث لا يمكن أن تنسب إلى فرد بالذات ، بل إلى المجموع كمجموع ، كما لا يمكن أن تصدر عن فرد على حدة ، لأنها تتوقف على تركيب جمعى معين هو وحده الذى يستطيع أن يفسر حدوثها . ثانياً تمتاز الظاهرة الاجتماعية بأنها قسرية coercitive إلزامية ، وهذه الصفة نتيجة للصفة السابقة ما دامت هذه الظواهر تفرض على الفرد فرضاً ، وهو مضطر بحكم ارتباطه بالمجتمع أن يتأثر بها وأن يخضع لها — شاء ذلك كفرد أو لم يشأ .

ولـكن هذا التحليل للواقعة الاجتماعية واضح أنه ينقصه الـكثير من الدقة لأنه سيستبعد من الظواهر الاجتماعية بعض الظواهر التى تصدر عن الآراء الفردية ويكون لها أثر فى المجموع : كالقوانين التى تصدر عن شخصية سياسية أو فـكرية تنقل تأثيرها فى المجتمع إلى أبعد حدوده ، مكونة بهذا منشأة اجتماعية أو وضعاً اجتماعياً معيناً .

غير أن تحديدنا للظاهرة الاجتماعية على هذا النحو يمكننا من أن نعين المنهج الذى يجب أن نسلـكه فى الـكشف عن قوانين الاجتماع والاطرادات الموجودة فى المنشآت الاجتماعية . وهنا سنجد أن المنهج الأعم والذى يجب أن يشمل بقية المناهج فى علم الاجتماع هو منهج التغيرات المساوقة : وذلك بأن نتبين التغيرات الموجودة فى منشآت ونقارنها بتلك التى تحدث فى منشأة أخرى بينها وبينها تلازم فى التخلف ، وتلازم فى الوقوع ، بحيث ينشأ عن فقدان عنصر من الواحد ، فقدان عنصر من الآخر . ولـكى نصل إلى تحديد دقيق على هذا الأساس يحسن بنا قدر المستطاع أن نعبر عن هذه التغيرات المساوقة فى صيغة رياضية كما حاولنا تماماً بالنسبة للعلوم الفزيائية ، ولهذا كانت طريقة الإحصاء هى من أعظم الطرق وأخصبها فى منهج علم الاجتماع لأنها تحدد بطريقة دقيقة كيفية حدوث التغيرات المساوقة مما يجعلنا نفهم قوانين أو استطرادات الأحوال الاجتماعية . ويحدد دوركهيم قواعد منهج الاجتماع بخمس :

١ — يجب أن نعد الوقائع الاجتماعية كأشياء أى يجب علينا ألا نتأثر بأية معان سابقة تجعلنا ننظر إلى هذه الظاهرة أو تلك من وجهة نظر معينة ، بل يجب أن نعد الظاهرة الاجتماعية ظاهرة طبيعية موضوعية خارجية ليست متأثرة بشخصية معينة هى التى تفسرها أو تـكونها . فأنواع الآيين mœurs وألوان القيم

الأخلاقية الموجودة فى جماعة من الجماعات — كل هذه الأمور يجب ألا نحكم عليها من وجهة نظر عاداتنا نحن أو عادات فرد من النـاس أو عادات بيئة معينة فى زمان ومكان معينين ، فلا ننعت هـذا النوع أو ذاك بأنه منحط أو خارج عن هذا السياق أو ذاك بأن نقول إنه خارج عن الدين أو عن معيار الأخلاق . . الخ بل نعده كوقائع الطبيعة سواء بسواء ، نستبعد منه كل تقويم ، وننظر اليه نظرة وصفية موضـوعية خالية من كل نظرة تقويمية . فبهذا يمكن أن يصير الاجتماع علماً بالمعنى الدقيق ، أى مجموعة من المعارف المتصلة بوقائع موضوعية غير متأثرة بمن يفسرونها أو باعتبار تقويمى معين .

٢ — والقاعدة الثانية أن نميز فى داخل هذه الوقائع الموضـوعية بين ما هو سوىٌّ ، وما هو مَرَضى . فالسوى هو الذى يكون القاعدة العـامة فى بيئة من البيئات ، والمرضى هو الذى يكوِّن انحرافاً عن القـاعدة العامة أو شذوذاً عن القاعدة السائدة ، مع اختلاف فى تقدير درجة السوية .

٣ — بعد أن نقسم ونصنف الظواهر الاجتماعية على النحو السالف نستطيع أن نتبين المشابهات العامة أو الخاصة الموجودة بين طوائف من الظواهر الاجتماعية فتتبين حينئذ أنماطاً عامة لأنواع الاجتماع وللاحوال الناشئة عن الوجود فى جماعة ، ابتداء من الجماعات المختلطة hordes والقبيلة clan . وتلك هى القاعدة الثالثة من قواعد المنهج فى الاجتماع ، ألا وهى أن نحدد الأنماط العامة لأنواع الاجتماع .

٤ — إذا ما حددنا هذه النتائج وبيناها بالتفصيل استطعنا أن نحدد بعد هذا الأحوال الاجتماعية الخاصة التى توجد فيها كل جماعة ، واستطعنا بالتالى أن نفهم هذه الأحوال الاجتماعية من حيث الأسباب التى تعمل فيها دائماً . وهنا يجب أن تكون هذه الأسباب اجتماعية خالصة ، فنفسر الأحوال الاجتماعية بعضها

ببعض ، دون التجاء إلى أحوال فردية إطلاقاً أو قدر المستطاع . فالاجتماع يفسر الاجتماع ، ولا يجب أن يفسر بعلم النفس الفردية إلا فى الأحوال القصوى ، وهى حينما تكون الظاهرة الاجتماعية على شفا المنطقة الفاصلة بين الاجتماع وبين علم النفس . ولهذا كانت القاعدة الرابعة أن نبحث فى العلل الفاعلية المنتجة للظواهر الاجتماعية ، ولا بد أن هذه العلل اجتماعية بدورها . ومنهج المقارنة — مع الاستعانة بالمنهج المكون للقاعدة الخامسة — هو الذى يحدّد لنا بالدقة هذه العلل الفاعلية .

٥ — والمنهج الذى يجب أن نسلكه بعد هذا يجب أن يكون كما قلنا خصوصاً منهج التغيرات المساوقة ، لأن الظواهر الاجتماعية لا يمكن أن تدرس بدقة إلا عن طريق مقارنة ظواهر متشابهة تنتج نتائج متشابهة . ذلك أن التجريب إن كان عسيراً فى علم النفس مع أنه يجرى على فرد ، فكم يكون أشد عسراً بكثير إذا كنا نريد أن نجريه على جماعة ! ذلك أن إجراء تجربة على جماعة بإزالة عنصر أو وضع أو قاعدة سائدة أو نوع من الآيين من شأنه أن يحدث ثورة اجتماعية كلية والمجتمعات لا تسمح بهذا . وكل ما نستطيع أن نقوم به هو تكوين جماعات قليلة مصطنعة اصطناعاً نحاول أن نجعل منها حقلا لتجاربنا . ولكن فى هذا الكثير من التعسف والتصنع ، ولا يمكن أن يؤدى فعلا إلى الحقيقة فى أمر الظواهر الاجتماعية لأن هذه غالباً تلقائية وتصدر عن أحوال عامة من زمان ومكان وتأثرات خارجية وتأثر بالبيئة وبالوضع التاريخى ، وهى أمور لا يمكن أن تصنع أو تستثار قصداً . لهذا كان منهج التجريب ، بالمعنى العلمى غير متيسر إطلاقاً فى علم الاجتماع اللهم إلا منهج التغييرات المساوقة مع ما فيه من نقص إذا ما طبق فى الاجتماع ، لأنه سيؤول أيضاً إلى منهج تاريخى من ناحية ومن ناحية أخرى من العسير ، جداً أن نجد أحوالا اجتماعية وأوضاعاً اجتماعية

متشابهة لبيئات مختلفة ، فضلا عن أن العوامل المؤثرة فى الاجتماع عديدة وخفية .

فمن الصعب جداً أن نكشف عن العوامل أو العلل الفاعلية المنتجة لهذه الظواهر أو تلك ، ولكن يجب أن نحاول استخدام هذا المنهج قدر المستطاع وأن نعبر عن نتائجه بدقة قدر الإمكان ، وذلك باستخدام طريقة الإحصاء ، وهى طريقة تقوم عادة على حساب الاحتمالات لأننا لا نستطيع أن نعين أشياء دقيقة كمية ما دمنا بإزاء ظواهر لا يمكن أن تخضع للكم إلا بعسر . وقد أفلح هذا المنهج خصوصاً فى علم الاقتصاد لأنه لا يقتصر على أحوال اجتماعية لأصحاب عقول واعية ، بل يمتد أيضاً إلى مسائل وأشياء مادية ، وفى هذا يمكن إدخال الكم والتقدير الكمى بدرجة أكبر . أما فى الاجتماع بالمعنى الضيق ، فتطبيق المنهج فى الغاية من العسر ، فضلا عن أنه أدى إلى كثير من النتائج السطحية المغالطية .

والإحصاء على نوعين : إحصاء رسمى ، وإحصاء غير رسمى .

فالإحصاء الرسمى هو الذى تأمر به الدولة وتسيطر على إعداده وتنظيمه واستخراج نتائجه بواسطة أجهزة تختص بذلك ضمن جهاز الدولة العام : إما على هيئة مصلحة للاحصاء ، أو بواسطة أجهزة إحصاء فرعية فى مختلف مرافق الدولة تتولى القيام بالإحصاءات فى القطاع الذى تندرج فيه وتختص به . ومن هذا النوع : الإحصاء أو التعداد العام للسكان من نواح عديدة : العدد ، الدين ، المهن ، الحالة الاجتماعية من زواج وغيره الخ ؛ والإحصاءات الجزئية مثل الصادرات والواردات ، الإنتاج الزراعى والصناعى ، الدخول الفردية ، الخ .

وعالم الاجتماع يتلقى هذه الإحصاءات على أنها ملاحظات غير مباشرة ،

لأن غيره هو الذى تولاها . وقيمتها تتوقف على الدقة التى تمت بها ، والنزاهة والأمانة فى إجرائها واستخلاص نتائجها والظروف التى تمت فيها والوسائل التى اتخذت والاحتياطات التى وفى بها ابتغاء الاستقصاء والدقة فى البيانات . لكن المقارنة بين الإحصاءات المختلفة فى السنوات والظروف المختلفة تفيد فى تصحيح ما عسى أن يكون قد طرأ عليها من خطأ أو تزييف أو قصور وإهمال .

على أن من الممكن الإفادة من هذه الإحصاءات فى التنبؤ بالمستقبل الاجتماعى ، تنبؤاً يغلب عليه الاحتمال طبعاً نظراً لعدم اليقين فى القوانين الاجتماعية التى يمكن أن تبنى على الإحصاءات .

ومن أنواع الإحصاء ما يسمى باسم التحقيق[1] enquête وهو إحصاء غير رسمى يستخدم فى استقصاء الحقائق عن ظاهرة من الظواهر الاجتماعية أو فى استبيان الرأى العام فى مشكلة من المشاكل . فالتحقيق يهدف إلى معرفة آراء عدد كبير من الناس حول مسألة من المسائل ؛ وهى مسائل متفاوتة كل التفاوت . والانتخابات فى الدول الديمقراطية والاستفتاءات هى ألوان من التحقيقات السياسية . وفى الولايات المتحدة الأمريكية نمت طرائق التحقيق والكشف عن الرأى العام نمواً بالغاً فى هذا القرن : ومن أشهر هذه الطرائق طريقة الدكتور جالوب Dr. Gallup وتمتاز من سائر الطرق بأنها بدلا من سؤال أشخاص عديدين جداً تقتصر على أفراد نموذجيين typiques يمثلون مختلف الأعمار ومختلف الأوساط الاجتماعية ، وبالجملة مختلف العقليات الموجودة فى

(١) راجع عنه J.-L. Lebret : *Guide pratique de l'enquête sociale*, 3 vols. in-4° : t. 1er, *Manuel de l'enquêteur* (P.U.F., 1951) ; t. II, *L'Enquête rurale* (P.U.F., 1951) ; t. III, *L'Enquête urbaine*

بلد ما يراد فيه إجراء تحقيق عن مسئلة من المسائل . وقد تبين أن هذه الطريقة التى تتم على أفراد نموذجيين قد أتت بنتائج فائقه الدقة تتفوق على غيرها من الطرق ، خصوصاً طريقة المكالمات الهاتفية (التليفونية) فقد كانت بعض « معاهد الرأى العام » فى أمريكا تتخذ الطريقة التالية وهى أن تخاطب تليفونياً عدداً كبيراً من الأشخاص وتسألهم ؛ وقد بين جالوب أن هذه الطريقة مصدر لأخطاء عديدة ، لأنه لا يملك التليفونات غير عدد قليل من الناس ، ومن هنا كانت آراؤهم لا تمثل إلا الطبقة التى تملك الحصول على تليفون أو الذين يعملون فى مكاتب بها تليفونات الخ . على أن قيمة طريقة جالوب تتوقف هى الأخرى على طريقة اختيار الأشخاص الذى يسألون ، وتستوجب لذلك أفراداً ممثلين حقاً لطبقات اجتماعية شديدة التنوع من حيث السن والمهنة والسكن ، والدخل ، ومستوى المعيشة ، الخ .

ومنهج[١] الإحصاء يستجيب لحاجتين أساسيتين من حاجات العلوم الاجتماعية وهما :

١ — أنه يحل محل التجريب ، فيما يتعلق بالظواهر الحاضرة ، كما أن التاريخ يحل محل التجريب فيما يتصل بالوقائع الماضية ؛ والإحصاء هو المنهج الوحيد القابل للتطبيق على دراسة الظواهر التى لا نملك تغيير ظروفها ؛

٢ — أنه يسمح ، كما يقول كورنو Cournot بجمع وتنسيق وقائع عديدة من أنواع مختلفة ، بحيث نحصل على روابط عديدة مستقلة عن شواذ الصدفة .

المنهج المونوغرافى :

وهناك منهج آخر ينافس منهج الإحصاء فى الدراسات الاجتماعية وهو

---

(١) Gaston Bouthoul : *Traité de Sociologie*, p. 133

المنهج المونوغرافى la méthode monographique . والمونوغرافيا فى الأصل وصف موضوع مفرد : فالسيرة هى مو نوغرافيا فردما . لكن المقصود بها فى علم الاجتماع هو القيام بدراسة مفردة عن جماعة أولية مثل الأسرة ، القرية ، القبيلة ، المصنع الخ . غير أن بعض علماء الاجتماع الأمريكيين فهموا منها أيضاً دراسة الأفراد كوسيلة للدراسة الاجتماعية .

وأول[1] من أدخل دراسة سيرة الشخص والوثائق الشخصية فى علم الاجتماع هو توماس وزنانيسكى Thomas & Znaniecki فى كتابهما : «الفلاح البولندى فى أوربا وأمريكا »[2] ، وقد قالا إن هذا المنهج فى علم الاجتماع هو « النموذج الكامل للدراسة الاجتماعية » . وأرادا أن يدرسا الحياة الاجتماعية دراسة علمية تحسب حساب العوامل الموضوعية والعوامل الذاتية للسلوك . وحاولا تصحيح نظرياتهما والفروض التى افترضاها بالاستعانة بالوثائق الشخصية ؛ واستخرجا بذلك مبادىء وتعميمات يمكن تطبيقها فى مواقف أخرى فى مجرى التطورات الاجتماعية. لكن نتائج أبحاثهما والمبادىء التى وضعاها قد تلقاها علماء الاجتماع بالتحفظ . فقد اعترف بما للوثائق الشخصية المتعلقة بحياة شخص أو أشخاص فى بيئة ما من فائدة بوصفها معطيات يستفاد منها فى البحث الاجتماعى ؛ لكن قيمتها العلمية محدودة لأنها شخصية فردية . وقيمتها هى فى الدراسات الوصفية والأبحاث التمهيدية الاستكشافية لأنها تعطى أفكاراً هادية فى البحث ، لا نتائج يقينية يمكن تعميمها .

لكن جاء ألبورت G. W. Allport فدافع عن قيمة المونوغرافيا القائمة

---

(١) *The Polish Peasant in Europe and America*, 1833-34.

(٢) راجع مقال ارنست برجس فى : « علم الاجتماع فى القرن العشرين » التى أشرف على إخراجه جورج جورفتش ، باريس سنة ١٩٤٧ ج ١ ص ٢٨ وما يليها .

على السيرة الشخصية والوثائق الشخصية وقال إنها نافعة فى المنهج العلمى الاجتماعى نفسه :

«وأن من الممكن بيان أن المونوغرافيات تعمق الفهم ، وتقوى القدرة على التنبؤ ، والقدرة على الضبط بأن تجعلهما يتجاوزان المستوى الذى يتمكن المرء بلوغه إذا ما تسلح بالفهم السليم وحده »[١] .

ويمكن اتخاذ منهجين للتفسير يطبقان على الوثائق الشخصية : المنهج النوموتيتى nomothétique أو الدراسة المقارنة للوثائق ابتغاء الوصول إلى تعميمات ؛ والمنهج الأيديوغرافى idiographique أو دراسة الأحوال الفردية من ناحية ما فيها من فردية وتمامية .

القياس الاجتماعى[٢] :

على أن الفهم يتوقف على تحليل التصورات المتعلقة بظاهرة اجتماعية . ولكن هذا التحليل المنطقى فيه من الغموض ما فى التصورات ؛ ولهذا فكر بعض علماء الاجتماع فى اتخاذ منهج يكون كفيلا بالدقة العلمية . ولما كانت الدقة العلمية لم تتحقق إلا عن طريق إدخال الكم فى الدراسة ، لهذا بحثوا عن طريقة كمية تكون مكملة للتحليل المنطقى للتصورات ، فاتخذوا ما سمى باسم « القياس الاجتماعى » sociométrie الذى ينسب إلى الدكتور ج . ل. مورينو Dr. J. L. Moreno (ولد فى بوخارست سنة ١٨٩٢) وهو طبيب أمراض

---

(١) *The use of Personal Documents in Psychological Science.* p. 185. (عن المقال المذكور) .

(٢) راجع عنه كتاب مورينو بعنوان *Who shall survive?*

نفسية تساوى الأصل ولكنه هاجر إلى أمريكا ، وكان تلميذاً لفرويد ، وأنشأ أولا « الدراما النفسية » التى قصد بها إلى استثارة الانطلاقات اللاشعورية على المسرح ؛ ثم تطورت الدراما النفسية إلى الدراما الاجتماعية ونحواها إحياء مواقف اجتماعية مصطنعة على المسرح وتمثيل دور ما ، وليكن دور الزنجى أو رب العمل . لكنه رأى أن هذا لن يخرج عن ميدان الكيف فى الدراسة النفسية والاجتماعية ، فأنشأ منهج القياس الاجتماعى وخلاصته : أن نطلب إلى أفراد جماعة ما اختيار من يستلطفونهم أو يستثقلونهم أكثر من غيرهم فى هذه الجماعة . والإجابات التى نحصل عليها تسمح بالحصول على رسوم اجتماعية ، تتبدى، فى شكلها الأولى ، على هيئة سلسلة ومثلث ومستطيل ونجمة. وحينما نمثل على ورقة إجابات كل أفراد هذه الجماعة فإننا نحصل على تعقيدات تبدو لأول وهلة أنها لا يمكن فصلها وتمييزها . لكننا نستطيع رغم ذلك الوصول إلى تمييز بعض الأمور السائدة وإلى نتائج ذات دلالات . فمثلا الشخص الذى ينال استلطافاً كبيراً (ويرمز إليه بنجمة) يمكن أن يختاره إما زملاء استلطفهم كثير من الزملاء : وحينئذ نكون بإزاء شخصية « قوية » ؛ أو شخص اختاره ناس لم يلتفت إليهم الآخرون ، فنكون حينئذ بإزاء شخصية « شعبية » . وإذا ما قارنا رسوماً اجتماعية sociogrammes مختلفة فإننا نصل إلى قوانين تحدد أو تعمم ملاحظات التجربة العامية .

مناهج البحث العلمى

مؤلفات الدكتور عبد الرحمن بدوى

(ا) مبتكرات

١ — الزمان الوجودى
٢ — هموم الشباب
٣ — مرآة نفسى (شعر)
٤ — الحور والنور
٥ — نشيد الغريب (شعر)
٦ — هل يمكن قيام أخلاق وجودية؟

(ب) دراسات أوربية

١ — الموت والعبقرية
٢ — دراسات فى الفلسفة الوجودية
٣ — المنطق الصورى والرياضى
٤ — فى الشعر الأوربى المعاصر

خلاصة الفكر الأوربى

١ — نيتشه
٢ — اشبنجلر
٣ — شوپنهور
٤ — أفلاطون
٥ — أرسطو
٦ — ربيع الفكر اليونانى
٧ — خريف الفكر اليونانى
٨ — فلسفة العصور الوسطى

(حـ) دراسات إسلامية

١ — التراث اليونانى فى الحضارة الإسلامية
٢ — من تاريخ الإلحاد فى الإسلام
٣ — شخصيات قلقة فى الإسلام
٤ — الإنسانية والوجوية فى الفكر العربى
٥ — أرسطو عند العرب
٦ — المثل العقلية الأفلاطونية
٧ — منطق أرسطو (٣ أجزاء)

٨ — شهيدة العشق الإلهى : رابعة العدوية

٩ — شطحات الصوفية (أبو يزيد البسطامى)

١٠ — روح الحضارة العربية

١١ — الإنسان الكامل فى الإسلام

١٢ — التوحيدى : الإشارات الإلهية

١٣ — مسكويه : الحكمة الخالدة

١٤ — فن الشعر لأرسطوطاليس وشروحه العربية

١٥ — الأصول اليونانية للنظريات السياسية فى الإسلام

١٦ — أرسطوطاليس : فى النفس (مع الآراء الطبيعية لفلوطرخس)

١٧ — ابن سينا : عيون الحكمة

١٨ — ابن سينا : البرهان

١٩ — الأفلاطونية المحدثة عند العرب

٢٠ — أفلوطين عند العرب

٢١ — المبشر بن فاتك : مختار الحكم

٢٢ — فلهوزن : الخوارج والشيعة

٢٣ — أرسطوطاليس : الخطابة

٢٤ — ابن رشد : تلخيص الخطابة

٢٥ — مخطوطات أرسطو فى العربية

٢٦ — مؤلفات الغزالى

٢٧ — مؤلفات ابن خلدون

٢٨ — أرسطوطاليس : فى السماء والآثار العلوية

٢٩— حازم القرطاجنى وأرسطوطاليس

٣٠— رسائل ابن سبعين

٣١— دور العرب فى تكوين الفكر الأوربى

(د) ترجمات

الروائع المائة

١ — ايشندروف : من حياة حائر بائر

٢ — فوكيه : أندين

٣ — جيته : الديوان الشرقى

٤ — بيرون : أسفار اتشيلد هارولد

٥ — جيته : الأنساب المختارة

٦ — برشت : دائرة الطباشير القوقازية

٧ — ثربنتس : دون كيخوته

٨ — لوركا : مسرحيات لوركا

٩ — برشت : الأم شجاعة

١٠— دورنمات : علماء الطبيعة

اشفيتسر ، فلسفة الحضارة

تنبيه

تقدم البحث العلمى رهين بالمنهج ، يدور معه وجوداً وعدماً ، دقة وتخلخلا ، خصباً وعقماً ، صدقاً وبطلاناً . ومن هنا كان الاهتمام البالغ بتقنين مناهج البحث العلمى من أيام أرسطو حتى يوم الناس هذا . ويمكن أن نفسر تطورات العلم والمعرفة العلمية بأدوارها المتفاوتة عن طريق بيان دور للنهج العلمى فى تحصيلهما . فما انتكس العلم إلا بسبب النقص فى تطبيق المناهج العلمية ، أو فى تحديدها ، وما نما وازداد أصالة إلا بالدقة فى تحديد المناهج وتقرير مبادئها القويمة . ولا خلاف على هذا بين العلماء الخلص وبين الفلاسفة الباحثين فى منطق البحث العلمى . إنما يأتى الخلاف فى تحديد دور كلا الفريقين فى تشييد المناهج العلمية . ومن الواضح أنه كما أن معرفة الطب لا تستلزم بالضرورة الصحة ، ولا السير بمقتضى القواعد الطبية ، فكذلك معرفة مناهج البحث لا تستلزم بالضرورة تحصيل المعرفة العلمية ولا اتباع قواعد المنهج العلمى . فهذا أمر ، وذاك أمر آخر .

ولكن المعرفة الواعية بمناهج البحث العلمى تمكن العلماء الباحثين من إتقان البحث وتلافى كثير من الخطوات المتعثرة أو التى لا تفيد شيئاً .

ومن هنا كانت فائدة بيان مناهج البحث العلمى .

وكتابنا هذا فى بيان مناهج البحث التى ينبغى سلوكها فى المجموعات الثلاث الكبرى من العلوم ، وهى : مجموعة العلوم الرياضية ، ومجموعة العلوم التجريبية ، ومجموعة العلوم التاريخية . والقواعد التى نسوقها هنا قواعد عامة ، أى تعم المجموعة كلها دون أن تخص علماً منها بعينه . ومن الواضح أن ثمت فروقاً نوعية بين

المنهج فى المجموعة والمنهج فى كل علم علم منها ، ولكن البحث فى هذه الفروق موضوع المناهج الجزئية وهو ما لم نهدف إليه من هذا الكتاب .

وعسى أن يكون فيه ما يفيد فى توجيه البحث العلمى — الذى لما يثمر بعد فى العالم العربى ثماره المرجوة — على النهج السديد .

مايو سنة ١٩٤٤ عبد الرحمن بدوى

فهرس

	صفحة
المنهج :	٣ — ١٩
معنى الكلمة	٣ — ٥
أنواع المنهج	٥ — ٦
علم المناهج	٦ — ٧
تكوينه	٧ — ١٢
أنواع المناهج	١٣ — ١٩

المنهج الاستدلالى

الفصل الأول :	٢١ — ٨١
تطور العلوم الرياضية	٢١ — ٢٩
الدور العلمى عند اليونان	٢٩ — ٣٠
الهندسة التحليلية	٣٠ — ٣٣
الهندسة الوصفية	٣٣ — ٣٤
الهندسات اللااقليدية	٣٤ — ٣٧
تطور الحساب ونشأة الجبر	٣٨ — ٤٣
تطور الجبر	٣٤ — ٤٤
الميكانيكا	٤٤ — ٥٠
نظرية العدد — معنى كلمة العدد	١٥ — ٦٨
الترتيب	٦٨ — ٧٠
أنواع الأعداد	٧٠ — ٨١

المنهج الاستدلالى :

معنى الاستدلال	٨٢ — ٨٣
النظام الاستدلالى — تكوين النظم الاستدلالية	٨٣ — ٨٩
التحليل التقليدى للمبادىء (البديهيات — المصادرات — التعريفات)	٨٩ — ٩٨
الصلة بين هذه المبادىء	٩٨ — ١٠٠
نقد هذه المبادىء	١٠١ — ١٠٣
مسار المنهج الاستدلالى	١٠٣ — ١١٥
التجريب العقلى	١١٦ — ١١٨

صفحة

صور الاستدلال ... ... ١١٨ — ١٢١
المشاكل المنطقية .. .. ١٢١ — ١٢٦

المنهج التجريبى

خطوات المنهج التجريبي ... ... ١٢٨ — ١٢٩
طريقة الملاحظة والتأدى إلى الوقائع ... ... ١٣٠ — ١٤٤
التجريب ... ... ١٤٤ — ١٧٠
الفرض ... ... ١٤٤ — ١٤٦
نشأة الفروض ... ... ١٤٦ — ١٥٠
شروط الفرض ... ... ١٥١ — ١٥٣
نقد الفرض ... ... ١٥٣ — ١٥٥
تحقيق الفرض ... ... ١٥٥ — ١٥٧
قواعد ولوحات بيكون ... ... ١٥٧ — ١٦١
قواعد مل ١٦٢
منهج الاتفاق ... ... ١٦٣ — ١٦٦
منهج الافتراق ... ... ١٦٦ — ١٦٨
منهج التغيرات المساوقة ... ... ١٦٨ — ١٧٠
أساس الاستقراء ... ... ١٧٠ — ١٨٢

المنهج الاستردادى (التاريخى)

حقيقة التأريخ ... ... ١٨٣ — ١٨٨
النقد الخارجى ١٨٨
١ — نقد الاستعادة .. .. ١٨٨ — ١٩٤
٢ — نقد المصدر ... ... ١٩٤ — ٢٠٤
النقد الباطن .. .. ٢٠٤ — ٢١٧
النقد الايجابى للتفسير ... ... ٢٠٦ — ٢٠٩
النقد الباطن السلبي للنزاهة والدقة ... ... ٢١٠ — ٢١١
روايات شهادة العيان أو الروايات المباشرة ... ... ٢١١ — ٢١٤
الرواية غير المباشرة ... ... ٢١٤ — ٢١٧
استعادة الوقائع ... ... ٢١٨ — ٢٢١
المنهج فى علم الاجتماع ... ... ٢٢٢ — ٢٣١